

CAHIERS SCIENTIFIQUES N° 10  
Supplément de Bois et Forêts des Tropiques

# L'AQUACULTURE DES TILAPIAS DU DÉVELOPPEMENT A LA RECHERCHE

Editeurs scientifiques : J. LAZARD, B. JALABERT et T. DOUDET



1990



*Centre Technique Forestier Tropical  
Département du CIRAD*

*Photo de couverture :*

Laboratoire du Centre Piscicole de l'IDESSA (Institut des Savanes), Bouaké, Côte d'Ivoire.



# CAHIERS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉS SOUS LES AUSPICES DU CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL

N° 10

**SUPPLÉMENT DE BOIS ET FORÊTS DES TROPIQUES**

CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL

Département du C.I.R.A.D

45 bis, Avenue de la Belle-Gabrielle, 94736 NOGENT-SUR-MARNE (FRANCE) Cedex





# ***L'AQUACULTURE DES TILAPIAS :***

## ***DU DEVELOPPEMENT A LA RECHERCHE***

*Journée "Tilapia" du 28 Septembre 1987*

- 1990 -

Editeurs scientifiques : J. LAZARD, B. JALABERT et T. DOUDET





## SOMMAIRE

---

	Pages
. Avant-propos	
. Contribution à une réflexion sur les stratégies de recherche et de développement en aquaculture des tilapias par J. LAZARD . . . . .	1
. Physiologie de l'adaptation des tilapias à la salinité : aspects fondamentaux et appliqués par P. PRUNET et M. BORNANCIN . . . . .	17
. Alimentation des tilapias par P. LUQUET . . . . .	29
. Physiologie de la reproduction des tilapias : bilan des connaissances et perspectives de recherches d'intérêt appliqué par J.F. BAROILLER et B. JALABERT . . . . .	39
. Pathologie des tilapias par C. MICHEL . . . . .	63
. Indices de performance de croissance chez les tilapias : utilisation possible en pisciculture et en eaux libres par J. MOREAU . . . . .	83
. Recherches sur les tilapias lagunaires de Côte d'Ivoire par M. LEGENDRE, J.M. ECOUTIN, S. HEM et A. CISSE . . . . .	93
. Liste des participants	





## AVANT-PROPOS

---

Ce numéro des Cahiers Scientifiques du Centre Technique Forestier Tropical (Département du Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement) est consacré à la biologie et à l'aquaculture des "tilapias" (dénomination courante qui regroupe les genres *Tilapia*, *Oreochromis* et *Sarotherodon*).

Il est le fruit d'une réunion organisée par le CTFT en septembre 1987 dans le cadre du groupe de travail "Aquaculture Tropicale" du "Groupement de Coopération Scientifique sur les Bases Biologiques de l'Aquaculture" (GCS/BBA).

Cette réunion avait pour objectifs :

- de présenter diverses opérations de recherche et de recherche/ développement récemment menées en Afrique, continent d'origine des tilapias ;
- d'établir, grâce au concours de spécialistes de diverses disciplines scientifiques, un bilan des connaissances sur la biologie de ces poissons ;
- d'améliorer la concertation entre les différents intervenants français dans le domaine de l'aquaculture tropicale et en particulier de celle des tilapias. Cette concertation vise à accroître l'efficacité des travaux engagés et à favoriser l'articulation avec les organismes étrangers et internationaux dans ce secteur ;
- de susciter une réflexion sur les moyens d'assurer un aller et retour efficace entre les problèmes de terrain rencontrés dans un milieu tropical particulièrement diversifié notamment quant à ses niveaux d'intervention (recherche finalisée, recherche/développement, projets pilotes, ...), et la recherche de nature plus fondamentale : formulation des problèmes en termes de problématiques scientifiques d'une part, et application des résultats de la recherche d'autre part ;
- de faire, d'ores et déjà, des propositions réalistes sur les thèmes de recherches à développer dans différentes disciplines sur la biologie des tilapias.

Ce numéro des Cahiers Scientifiques du CTFT constitue donc un outil destiné à alimenter la réflexion sur les recherches à mener sur le groupe des tilapias en vue d'un développement aussi harmonieux que possible de leur aquaculture.

Jérôme LAZARD  
Chef de la Division  
"Pêche et Pisciculture"  
du CTFT/CIRAD\*

Bernard JALABERT  
Secrétaire du Groupe de Travail  
"Aquaculture Tropicale"  
du GCS/BBA\*

\* Centre Technique Forestier Tropical  
Département du Centre de Coopération  
Internationale en Recherche  
Agronomique pour le Développement

\* Groupement de Coopération  
Scientifique sur les Bases  
Biologiques de l'Aquaculture





# **CONTRIBUTION A UNE REFLEXION SUR LES STRATEGIES DE RECHERCHE ET DE DEVELOPPEMENT EN AQUACULTURE DES TILAPIAS**

---

**Jérôme LAZARD (1)**

## **RESUME**

La quantité totale de tilapia d'aquaculture produite dans le monde en 1986 était, selon la FAO, de 280.000 t. ; elle était évaluée pour la même année par d'autres auteurs à environ 500.000 t. Quoiqu'il en soit, et indépendamment du tonnage produit, ce poisson connaît une progression très rapide depuis une dizaine d'années, particulièrement dans les pays asiatiques. Compte tenu de cette situation et de l'engagement de la France dans une coopération active avec les pays en développement, le CTFT/CIRAD a organisé en septembre 1987 une réunion regroupant les principaux organismes et laboratoires français de recherche en aquaculture afin de faire le point dans diverses disciplines biologiques des acquisitions de la recherche et proposer des orientations "réalistes" de recherche pour l'avenir. La communication présentée ici tente, sur la base de 3 exemples d'opérations de recherche/développement menées en Afrique, de proposer des axes de développement de la pisciculture sur ce continent où le tilapia représente 62 % des 62.000 t de poisson produit en 1986. Ensuite, un certain nombre de thèmes de recherche sont exposés dans les principales disciplines biologiques concernant ce groupe de genres et d'espèces. L'objectif de ces propositions est, à terme, la mise en place de véritables programmes de recherche et de recherche/développement en coopération entre les stations expérimentales et projets pilotes des pays tropicaux et laboratoires de recherche plus fondamentaux du Nord, ainsi que l'amplification de l'effort de recherche amont entrepris dans les pays en développement.

## **ABSTRACT**

According to FAO statistics, the total production of cultured tilapia was estimated to be 280,000 mt in 1986 (500,000 mt for other authors). The main point is the fast increase of this production for the last decade, specially in Asia. Tacking into account the active french cooperation with developing countries, a workshop was held in septembre 1987 in order to review the knowledge of some tilapia aquaculture fields and to identify some research trends. This meeting, organized by CTFT/CIRAD, gathered the main french institutions involved in aquaculture research. The present paper, based on the results of three R. and D. projects implemented in Africa, aims at proposing outlines for aquaculture development on this continent where tilapia accounted for 62 % of the total aquaculture production in 1986. Then, several research topics related to the main biological fields concerning this species are identified. These proposals could be considered as a step towards the improvement of the cooperation between tropical development projects and applied research stations on one hand and basic research laboratories in the North on the other hand. They also could contribute to the strengthening of the research capabilities in the developing countries involved in tilapia aquaculture.

---

(1) Centre Technique Forestier Tropical, département du Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CTFT/CIRAD), Division Pêche et Pisciculture - 45 bis avenue de la Belle Gabrielle - 94736 Nogent-sur-Marne Cedex - France.

## **INTRODUCTION : POURQUOI UNE "JOURNEE TILAPIA"**

La France développe une politique de coopération importante dans les pays en développement (P.E.D.) et, dans le domaine du développement rural (recherche et développement), les ressources aquatiques vivantes (pêche et aquaculture) y occupent une place non négligeable. Le continent africain occupe dans cette coopération une place de choix.

En matière d'aquaculture, les principaux projets et programmes de recherche ont jusqu'à présent porté, sur le continent africain au moins, principalement sur les tilapias d'où sont précisément originaires ces poissons.

D'une façon générale, cet investissement se fait souvent en ordre dispersé ce qui est lié principalement :

- à la diversité des contextes où les opérations sont menées (niveau de développement du pays, environnement au sens large, cadre institutionnel,...) ;
- à la diversité des opérateurs impliqués dans l'assistance technique et scientifique dont l'approche des problèmes de développement peut varier ;
- à la confusion entre objectifs de production, nécessité de mettre au point les paramètres biotechniques et vérifier, sur la foi de résultats obtenus en vraie grandeur, la viabilité économique de cette activité, voire d'effectuer dans certains domaines des recherches situées nettement en amont.

Compte tenu de cette dispersion, parfois inévitable, il est apparu nécessaire au CTFT/CIRAD (1), l'un des organismes chargés de mener des actions de recherche et de développement dans ce domaine, jusqu'à présent principalement en Afrique, de faire le point des possibles contributions amont en France, dans le domaine de l'aquaculture des tilapias. Autre sujet majeur de réflexion : l'étude des possibilités de transfert et d'application de résultats obtenus en laboratoire. En effet le problème se pose dans de nombreux cas d'expérimentations menées en laboratoire donnant des résultats fort éloignés de ceux obtenus en vraie grandeur, dans le milieu d'élevage.

Les organismes, laboratoires, ... visés sont ceux, soit déjà impliqués dans des disciplines relatives à l'aquaculture des tilapias, soit susceptibles de s'y investir dans un proche avenir.

Cette situation explique le caractère quelque peu franco-français de la réunion tenue le 28 septembre 1987 regroupant chercheurs et développeurs en aquaculture tropicale et visant à établir, sur la base d'une bibliographie approfondie sur le sujet, des stratégies de recherches réalistes.

L'objectif n'était pas, bien entendu, un repli sur les équipes de recherche françaises, mais au contraire une meilleure connaissance du potentiel de celles-ci vis-à-vis des problématiques tropicales en vue d'assurer une coopération internationale dans ce domaine dans les meilleures conditions.

Actuellement, les principaux organismes de recherche et de recherche-développement en aquaculture tropicale sont confrontés à un certain nombre de problèmes sur ce poisson dans les domaines de la recherche, du développement et de la formation (en particulier de chercheurs et de développeurs des pays tropicaux).

---

(1) Centre Technique Forestier Tropical, département du Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement.

Le but de la réunion était de confronter l'expérience de la pratique de la recherche et du développement sur le terrain tropical d'une part, et l'expérience de la pratique de la recherche scientifique plus fondamentale dans certaines disciplines biologiques liées à l'aquaculture d'autre part. De cette confrontation et de cet échange d'idées, doit sortir un certain nombre d'orientations sur ce que l'on pourrait qualifier de "champ du possible" en matière de recherches à mener sur l'aquaculture du tilapia.

Enfin, le dispositif de recherches qui pourra se mettre en place à l'issue de cette concertation devrait permettre, par la recherche, une résolution plus sereine des nombreux problèmes qui se posent au niveau du développement. Cette approche vise à réduire, autant que possible, les interventions "catastrophes" sur les élevages mis en oeuvre dans le cadre des projets de recherche/développement et de développement dans les pays tropicaux.

## **QUELQUES DONNEES GENERALES SUR L'AQUACULTURE MONDIALE, ET DU TILAPIA EN PARTICULIER**

### **SITUATION DE L'AQUACULTURE MONDIALE**

Les données disponibles, concernant les niveaux de production aquacole dans le monde en 1986 sont exposées dans le tableau 1 (FAO, 1989), dans lequel figurent également les prévisions de production à l'horizon 2000 (Nash, 1987).

Il ressort nettement de ce tableau :

- la contribution prépondérante des pays tropicaux dans la production totale mondiale aquacole (84 %) avec, parmi eux, un quasi monopole des pays asiatiques ;
- la faiblesse du niveau de production des pays africains (0,5 %) ;
- des tendances à l'horizon 2000 qui accentuent ces disparités entre continents.

### **AQUACULTURE DES TILAPIAS**

Les quantités totales de tilapias d'aquaculture produites actuellement sont mal connues pour la simple raison que le distinguo entre les tilapias provenant de l'aquaculture et ceux résultant de l'activité de pêche n'est, dans la plupart des pays tropicaux, pas fait (ou avec une grande imprécision). A cette incertitude, s'ajoute le fait que, notamment dans les P.E.D., il existe des formes de pisciculture très extensive s'apparentant à la fois à l'aquaculture et à la pêche (exemple : acadjas).

C'est ainsi que les évaluations de production de tilapias provenant de l'aquaculture tournent autour de 500.000 t (chiffre annoncé par Fishelson au cours du second Symposium sur l'Aquaculture du Tilapia, Bangkok 1987). Les statistiques officielles de la FAO (1989) annoncent, quant à elles, une production de tilapias d'aquaculture pour l'année 1986 de 279.600 t, ce qui les place au troisième rang, en tonnage, par catégorie de poissons (derrière le groupe des carpes et le milkfish, devant les truites et le poisson chat américain). L'Afrique, continent d'origine des tilapias, produirait annuellement (1986) 39.000 t de ces poissons.

Tableau 1 : Production de l'aquaculture dans le monde : données 1986, projections 2000 (sources : Nash, 1987; FAO, 1989) en millions de tonnes.

Région / Catégorie	Production 1986	Production 2000
1) <u>Région</u>		
. Afrique	0,06	0,10
. Asie/Pacifique	9,07	18,29
. Europe/Proche Orient	1,35	2,65
. Amérique du Sud	0,18	0,48
. Amérique du Nord	0,43	0,68
2) <u>Catégorie</u>		
. Poissons	5,58	9,67
. Mollusques	2,34	7,06
. Crustacés	0,40	0,27
. Plantes aquatiques	2,74	5,20
. Divers	0,03	
Total	11,09	22,20



L'Asie est actuellement, selon ces mêmes sources, le premier producteur de tilapias avec 220.000 t en 1986. Parmi les pays asiatiques, les principaux producteurs sont les Philippines avec environ 60.000 t (Guerrero, comm. pers., 1987), Taïwan avec un tonnage du même ordre, la Thaïlande avec plus de 10.000 t. Plus encore que ces tonnages, le fait remarquable chez les principaux pays producteurs est la progression des quantités de tilapias produites depuis une quinzaine d'années. A titre d'exemple, aux Philippines, *Oreochromis niloticus* dont les premiers géniteurs ont été importés en 1972 constitue aujourd'hui la quasi totalité des 60.000 t de tilapias produites (*Oreochromis mossambicus* ayant pratiquement totalement disparu des piscicultures commerciales). Dans le même esprit, Israël dont la production aquacole stagne autour de 13.000 t depuis une dizaine d'années voit la part de tilapias croître régulièrement : 17 % en 1978 et 29,6 % en 1987 (Sarig, 1988).

### AVANTAGES DES TILAPIAS POUR L'AQUACULTURE

Les caractéristiques biologiques des tilapias rendent ces poissons aptes à toutes les formes connues d'élevage, du plus extensif au plus intensif, avec tous les intermédiaires possibles. Il est donc possible d'intégrer la pisciculture des tilapias à différents schémas de développement :

- activités de pêche autour de retenues aménagées (alevinées en tilapias) ;
- intégration de la pisciculture des tilapias au sein d'aménagements hydro-agricoles ou associée à des élevages terrestres (porc-poisson, volaille-poisson ...) ;
- activité de substitution ou de complément à la pêche dans le cas d'effondrement des stocks piscicoles (pour des causes environnementales ou humaines liées, par exemple, à la surexploitation,...);
- fermes industrielles pour répondre à des besoins ponctuels et urgents de grandes agglomérations.

### APPROCHE DES PROBLEMES DE RECHERCHE ET DE DEVELOPPEMENT EN AQUACULTURE DES TILAPIAS DANS LES PAYS TROPICAUX : CAS DE L'AFRIQUE

Les principales préoccupations, à l'heure actuelle, pour le développement de la pisciculture, en particulier sur le continent africain, consistent en la mise au point de systèmes d'élevage adaptés à un environnement donné et considéré dans toutes ses dimensions. L'approche se fait donc, d'une façon générale, à la fois par système et par discipline biologique.

La recherche se déroule généralement dans 2 cadres différents dont l'importance relative varie selon les pays :

- les stations de recherches piscicoles, qui constituent les structures perennes de recherches en Afrique ;
- des projets de recherche/développement et de développement qui, généralement, se caractérisent par :
  - . une durée limitée,
  - . des objectifs de production.

En fait, la frontière entre la recherche et le développement n'est pas toujours délimitée avec précision, et la recherche qui devrait être logiquement et préférentiellement menée en laboratoire et en station de recherche, est souvent réalisée au sein de projets de développement et dans le cadre de recherches dites d'accompagnement. La plupart des pays en développement demande, en effet, des solutions concrètes et immédiates aux problèmes qui se posent à eux, en particulier en matière d'aquaculture, ce qui engendre fréquemment une certaine ambiguïté de la démarche.

Quoiqu'il en soit, le développement joue dans cette approche un rôle fondamental car c'est lui qui guide la recherche. Dans ce domaine, la philosophie est d'essayer d'éviter d'avoir une doctrine et des modèles tout prêts. Elle peut se résumer comme suit :

- système d'élevage adapté à l'environnement dans toutes ses composantes (physiques, hydrobiologiques, humaines, socio-économiques, ...) ;
- aquaculture considérée à la fois comme un outil de production et un outil de développement où comptent à parts égales le poisson et ceux qui le produisent.

Ces idées sont illustrées par 3 exemples d'opération de recherche/ développement de la pisciculture en Afrique, correspondant à 3 environnements fondamentalement différents mais qui présentent au moins deux points communs entre eux :

- les structures d'élevage testées permettent une exploitation de type artisanal et sont évolutives car pouvant, une fois la maîtrise des techniques acquises, prendre la dimension de véritables entreprises;
- le poisson d'élevage est un tilapia (*O. niloticus*)

Par ailleurs, dans les 3 cas, la pisciculture constitue le seul moyen d'augmenter à terme, une fois les ressources naturelles exploitées à leur niveau optimum, la production piscicole qui est actuellement soit stationnaire (Côte d'Ivoire) soit en diminution (Bénin, Niger).

## **EXEMPLES D'OPERATIONS DE RECHERCHE/DEVELOPPEMENT DE LA PISCICULTURE EN AFRIQUE**

Les 3 exemples choisis ont déjà fait l'objet de descriptions détaillées (Lazard, 1980 et 1984 ; Morissens *et al.*, 1986 ; Parrel *et al.*, 1986 ; Lazard *et al.*, 1988). L'accent sera mis sur l'environnement spécifique de chaque opération d'où découle le choix du système d'élevage. Les résultats biologiques, techniques et économiques sont présentés sous forme de tableaux à partir desquels un certain nombre de problématiques scientifiques sont présentées comme fruits de la "pratique du développement".

## ENVIRONNEMENT ET STRUCTURES D'ELEVAGE

### Côte d'Ivoire

#### - Environnement

-----

Pisciculture en étangs intégrée aux aménagements hydro-agricoles dans la région Nord où il a été construit dans les années 1970 de nombreuses retenues collinaires pour l'irrigation gravitaire du riz.

Présence dans la région de villes secondaires (Korhogo, Ferkessedougou, Boundiali) où existe une forte demande en poisson, et particulièrement d'eau douce. Leur approvisionnement est actuellement essentiellement assuré en poisson de mer congelé. La Côte d'Ivoire importait en 1987 environ la moitié des produits halieutiques nécessaires à sa consommation (100.000 t sur 200.000 t).

Adaptation rapide des agriculteurs du Nord de la Côte d'Ivoire aux techniques de riziculture irriguée.

Disponibilité en sous-produits agricoles et agro-industriels sur place (son de riz) ou dans le pays (tourteau de coton, farine de poisson, ...).

#### - Investissements/Structures d'élevage

-----

Il s'agit d'étangs classiques, alimentés en eau par gravité à partir d'un canal de dérivation sur un cours d'eau régularisé par une retenue de stockage.

Les investissements en matière de pisciculture semi-intensive en étang consistent essentiellement en terrassements et, en proportion beaucoup plus faible, en ouvrages. Ces terrassements peuvent être réalisés mécaniquement ou manuellement : le coût dans les deux cas est approximativement le même si la main-d'oeuvre est rémunérée à un taux normal. La construction manuelle des étangs par les paysans eux-mêmes, si elle est théoriquement satisfaisante, apparaît dans de nombreux cas peu réaliste : le travail correspondant, très pénible, aboutit à des étangs mal construits (profondeur insuffisante, digues peu solides), et nécessite un encadrement dispersé, important et de qualité. Une solution adaptée consiste à faire effectuer les gros terrassements au moyen d'engins, et les autres travaux (talutage, enherbement, canaux, ouvrages) manuellement par les pisciculteurs (dans ce cas, les coûts se répartissent en 2/3 - 1/3).

Lorsque les étangs sont construits, donc conçus, en même temps que les infrastructures de l'aménagement hydro-agricole, auquel ils s'intègrent, ils ressortent à un "coût marginal".

Les coûts totaux d'infrastructure retenus ici sont de 6.000.000 F. CFA par hectare incluant les terrassements et finitions, ouvrages et canaux d'alimentation en eau et de vidange pour des étangs de 1.000 m<sup>2</sup> (production de poissons marchands) et de 400 m<sup>2</sup> (production d'alevins et de fingerlings).

## Niger

### - Environnement

-----

Le Niger est un pays sahélien où la seule source d'eau permanente est constituée par le fleuve Niger caractérisé par de fortes variations annuelles et interannuelles de débit. Le marnage au cours de l'année est de 4 m et, sauf exceptions, le fleuve coule en permanence. Dans ces conditions, la structure d'élevage la mieux adaptée est la cage flottante.

Avec la sécheresse des dernières années (depuis 1972), et l'endiguement du fleuve pour la création des aménagements hydro-agricoles, la production de la pêche dans le fleuve Niger est tombée de 6.000 t à 2.000 t en 1984, et 900 t en 1985.

La longueur du fleuve Niger au Niger est de 550 km et constitue la principale zone de pêche et de consommation de poisson du pays avec, en particulier, la capitale, Niamey, située approximativement au milieu du tronçon du fleuve.

Les pêcheurs appartiennent à deux catégories : professionnels (en général étrangers) et occasionnels (riverains qui pratiquent l'agriculture et la pêche).

Présence de sous-produits agricoles et agro-industriels en provenance du Niger (sons de riz et de blé, tourteau d'arachide) ou de la sous-région (farine de poisson du Sénégal ou de la Côte d'Ivoire).

### - Investissements/Structures d'élevage

-----

Chaque cage se compose d'une structure flottante supportant une poche grillagée et immergée contenant les poissons. La technologie employée est simple et utilise au maximum des matériaux disponibles localement :

- La structure flottante se compose d'un ponton en bois et de bidons de récupération en plastique de 30 l qui assurent la flottabilité du système qui permet d'effectuer les manipulations tout autour de la cage ;
- La poche immergée est réalisée en grillage plastique Nortène (importé) de 2 types de maille selon la taille des poissons : 7 mm de côté pour les alevins de poids moyen supérieur à 4 g et 14 mm de côté pour les fingerlings de poids moyen supérieur à 20 g. La structure relativement légère des cages permet d'en effectuer le relevage aisément pour les manipulations d'élevage et la récolte du poisson.

Deux types de cages sont utilisées (1,5 m de chute) :

- cages de 5 m<sup>3</sup> (3,5 m<sup>3</sup> "utiles" en eau) pour le prégrossissement d'alevins de 4 g jusqu'à stade fingerling (30 g) ;
- cages de 20 m<sup>3</sup> (16 m<sup>3</sup> "utiles" en eau) pour le grossissement de fingerlings jusqu'à la taille marchande (environ 250 g).

Les cages peuvent être reliées entre elles de façon à former un système modulable dont l'unité de base est constituée par un ponton flottant supportant 2 cages de 20 m<sup>3</sup> ou 8 cages de 5 m<sup>3</sup>.

Le coût unitaire des cages de 5 m<sup>3</sup> est de 62.000 F. CFA, et celui des cages de 20 m<sup>3</sup> de 196.000 F. CFA.

## Bénin

### - Environnement

Les principales collections d'eau continentales du Sud-Bénin sont les lagunes qui représentent une superficie totale de 320 km<sup>2</sup> avec, en particulier, le lac Nokoué et la lagune de Porto-Novo où se développent les élevages piscicoles. Ces lagunes ont une profondeur moyenne d'environ 1 m. Le marnage entre hautes eaux et basses eaux est faible (environ 0,50 m) et la circulation de l'eau est bonne : la structure d'élevage adaptée est l'enclos.

Des changements écologiques du milieu liés à l'ouverture permanente du chenal de Cotonou ont entraîné des perturbations au niveau de la faune vivant dans ces lagunes et une chute de la production de la pêche qui est passée en quelques années de 12 000 t à 6 000-8 000 t.

Ces lagunes se situent à proximité des 2 principaux centres urbains, donc de consommation de poisson, du Bénin : Cotonou et Porto-Novo, et du Nigéria, grand importateur de produits vivriers.

Ces lagunes sont habitées par des populations palustres (maisons sur pilotis) avec des pêcheurs professionnels très performants pratiquant une forme de pêche qui s'apparente à l'aquaculture (acadjas). En effet les branchages qui sont disposés sur le fond de la lagune contribuent à stimuler la productivité naturelle du milieu (voir plus loin l'article de M. LEGENDRE *et al.*) et l'exploitation de l'acadja nécessite une gestion du stock de poisson par des pêches périodiques et programmées et une gestion financière des recettes pour le renouvellement des investissements et la répartition des bénéfices.

Présence de sous-produits agricoles et agro-industriels à Cotonou : sons de blé et de riz, drèches de brasseries, tourteaux d'arachide et de coton, farine de poisson.

### - Investissements/Structures d'élevage

Les différents essais d'élevage en enclos ont permis la mise au point d'une technologie des structures d'élevage simple et bien adaptée :

- superficie individuelle de 500 m<sup>2</sup> (14m x 36m) et enclos séparés les uns des autres (3m environ) permettant un accès facile sur tout leur pourtour ;
- usage de filets lourds (210/48, mailles de 14 mm montées à 71 %) ;
- piquets de soutien en bambou espacés de 2 m ; ralingue supérieure fixée 0,80 m au-dessus du niveau maximum du lac à des rachis de palmier fixés horizontalement aux piquets de bambou ; ralingue inférieure enterrée à 0,50 m de profondeur dans un sillon creusé dans la vase au moyen d'une motopompe.
- couverture de l'enclos par un filet léger et implantation de branchages (identiques à ceux des acadjas) dans les enclos pour favoriser le développement de plancton et de périphyton et réduire les vols (lancement de l'épervier impossible).

Le coût d'un enclos de 500 m<sup>2</sup> est de 350.000 F.CFA.

## RESULTATS BIO-TECHNIQUES ET ECONOMIQUES

Ces résultats sont rassemblés dans le tableau 2.

Tableau 2 : Principales données d'élevage de *O. niloticus* dans 3 milieux et systèmes différents en Afrique

Paramètres	Etang/Côte d'Ivoire	Cage/Niger	Enclos/Bénin																																																																																																			
Contrainte majeure de l'environnement sur l'élevage	Economie d'eau : débit admis dans les étangs = pertes par évaporation et infiltration (pas de circulation d'eau)	Variations importantes des caractéristiques du milieu : température et turbidité	Variation de salinité au cours du cycle d'élevage (de 0 à 22 ‰)																																																																																																			
Techniques d'élevage	<ul style="list-style-type: none"><li>- <i>O. niloticus</i> souche "Bouaké"</li><li>- Alevinage au sein de l'exploitation</li><li>- Mise en charge étang avec fingerlings non sexés ou M* (sexage manuel).</li><li>- Mise en charge possible toute l'année</li><li>- Densité : 1,2 et 2,2 poissons/m<sup>2</sup>. Association avec un poisson prédateur (<i>Hemichromis fasciatus</i>)</li><li>- Aliment : 2 formules. (1) son de riz brut ; (2) mélange son de riz (75 %) et tourteau de coton (25 %).</li><li>- Distribution aliment sous forme pulvéulente 2 x par jour</li><li>- Taux de nourrissage : 100 kg/ha/jour (1), 8 % à 1,5 % de la biomasse pour (2)</li><li>- Elevage toute l'année</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- <i>O. niloticus</i> souche "Niger"</li><li>- Alevinage dans le cadre d'une station spécialisée (étangs avec maîtrise de l'eau).</li><li>- Mise en charge avec fingerlings M* (sexage manuel)</li><li>- Mise en charge possible en saison chaude (t &gt; 24° C)</li><li>- Densité env. 100 poissons/m<sup>3</sup></li><li>- Aliment : 1 formule ternaire dosant 32 % de protéines dont 10 % d'origine animale. Essais d'incorporation de CMV non concluants</li><li>- Distribution aliment sous forme granulée 4 x par jour</li><li>- Taux de nourrissage : 3% à 2% de la biomasse au cours de l'élevage Diminution de la ration avec la température et en fonction de la turbidité.</li><li>- 1 cycle/an</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- <i>O. niloticus</i> souche "Bouaké"</li><li>- Alevinage en station (étangs sur nappe phréatique)</li><li>- Mise en charge avec fingerlings non sexés M* et F*</li><li>- Mise en charge quand la salinité est &lt; à 10 ‰</li><li>- Densité : 15 à 25 poissons/m<sup>2</sup></li><li>- Aliment : 1 formule dosant 35 % de protéines dont 25 % d'origine animale CMV "poulet" incorporé.</li><li>- Distribution aliment sous forme granulée 2 x par jour</li><li>- Taux de nourrissage : de 4% en début d'élevage à 2 % en fin de cycle.</li><li>- 1 cycle/an</li></ul>																																																																																																			
Résultats bio-techniques (obtenus en vraie grandeur)	<table><tr><th></th><th>Aliment 1 (M* + F*)</th><th>Aliment 2 (M*)</th></tr><tr><td>densité /m<sup>2</sup> ou m<sup>3</sup></td><td>1,2</td><td>2,2</td></tr><tr><td>durée élevage (j)</td><td>145</td><td>240</td></tr><tr><td>p.m.i. (g)</td><td>30</td><td>31</td></tr><tr><td>p.m.f. (g)</td><td>215</td><td>270</td></tr><tr><td>survie (%)</td><td>92</td><td>90</td></tr><tr><td>c.j.i. (g/j)</td><td>1,3</td><td>1,0</td></tr><tr><td>Q.N.</td><td>7,5</td><td>3,5</td></tr><tr><td>rendement : t/ha/an ou/cycle kg/m<sup>3</sup>/cycle</td><td>5,2</td><td>7,1</td></tr></table>		Aliment 1 (M* + F*)	Aliment 2 (M*)	densité /m <sup>2</sup> ou m <sup>3</sup>	1,2	2,2	durée élevage (j)	145	240	p.m.i. (g)	30	31	p.m.f. (g)	215	270	survie (%)	92	90	c.j.i. (g/j)	1,3	1,0	Q.N.	7,5	3,5	rendement : t/ha/an ou/cycle kg/m <sup>3</sup> /cycle	5,2	7,1	<table><tr><th colspan="2">Elevage à cheval sur saison chaude (2/3cycle) et saison froide (1/3 cycle)</th></tr><tr><td></td><td></td></tr><tr><td>85</td><td>135</td></tr><tr><td>204</td><td>225</td></tr><tr><td>35,5</td><td>35,7</td></tr><tr><td>218,5</td><td>217,9</td></tr><tr><td>95,4</td><td>90,7</td></tr><tr><td>0,9</td><td>0,81</td></tr><tr><td>2,7</td><td>3,0</td></tr><tr><td>14,3</td><td>21,8</td></tr></table>	Elevage à cheval sur saison chaude (2/3cycle) et saison froide (1/3 cycle)				85	135	204	225	35,5	35,7	218,5	217,9	95,4	90,7	0,9	0,81	2,7	3,0	14,3	21,8	<table><tr><th colspan="2">Aliment granulé</th></tr><tr><td></td><td></td></tr><tr><td>15</td><td>25</td></tr><tr><td>225</td><td>226</td></tr><tr><td>16,0</td><td>12,8</td></tr><tr><td>200,5</td><td>229,6</td></tr><tr><td>76,6</td><td>68,4</td></tr><tr><td>0,82</td><td>0,91</td></tr><tr><td>4,1</td><td>4,0</td></tr><tr><td>21,5</td><td>36,2</td></tr></table>	Aliment granulé				15	25	225	226	16,0	12,8	200,5	229,6	76,6	68,4	0,82	0,91	4,1	4,0	21,5	36,2																																
	Aliment 1 (M* + F*)	Aliment 2 (M*)																																																																																																				
densité /m <sup>2</sup> ou m <sup>3</sup>	1,2	2,2																																																																																																				
durée élevage (j)	145	240																																																																																																				
p.m.i. (g)	30	31																																																																																																				
p.m.f. (g)	215	270																																																																																																				
survie (%)	92	90																																																																																																				
c.j.i. (g/j)	1,3	1,0																																																																																																				
Q.N.	7,5	3,5																																																																																																				
rendement : t/ha/an ou/cycle kg/m <sup>3</sup> /cycle	5,2	7,1																																																																																																				
Elevage à cheval sur saison chaude (2/3cycle) et saison froide (1/3 cycle)																																																																																																						
85	135																																																																																																					
204	225																																																																																																					
35,5	35,7																																																																																																					
218,5	217,9																																																																																																					
95,4	90,7																																																																																																					
0,9	0,81																																																																																																					
2,7	3,0																																																																																																					
14,3	21,8																																																																																																					
Aliment granulé																																																																																																						
15	25																																																																																																					
225	226																																																																																																					
16,0	12,8																																																																																																					
200,5	229,6																																																																																																					
76,6	68,4																																																																																																					
0,82	0,91																																																																																																					
4,1	4,0																																																																																																					
21,5	36,2																																																																																																					
Résultats économiques (hors frais financiers (rapportés au kg de tilapia produit) en F. CFA**	<table><tr><th></th><th>En F. CFA</th><th>en %</th></tr><tr><td>- Charges fixes</td><td>62,0</td><td>25 %</td></tr><tr><td>  . amortissement</td><td>37,0</td><td>15 %</td></tr><tr><td>  . autres</td><td>25,0</td><td>10 %</td></tr><tr><td>- Charges variables</td><td>187,0</td><td>75 %</td></tr><tr><td>  . fingerlings</td><td>82,5</td><td>33 %</td></tr><tr><td>  . aliment</td><td>80,0</td><td>32 %</td></tr><tr><td>  . divers</td><td>24,5</td><td>10 %</td></tr><tr><td>- Total charges</td><td>249,0</td><td>100 %</td></tr><tr><td>- Recettes</td><td>400,0</td><td></td></tr><tr><td>- Marge bénéf.</td><td>151,0</td><td></td></tr></table>		En F. CFA	en %	- Charges fixes	62,0	25 %	. amortissement	37,0	15 %	. autres	25,0	10 %	- Charges variables	187,0	75 %	. fingerlings	82,5	33 %	. aliment	80,0	32 %	. divers	24,5	10 %	- Total charges	249,0	100 %	- Recettes	400,0		- Marge bénéf.	151,0		<table><tr><th></th><th>En F. CFA</th><th>en %</th></tr><tr><td>- Charges fixes</td><td>79,0</td><td>13 %</td></tr><tr><td>  . amortissement</td><td>67,5</td><td>11 %</td></tr><tr><td>  . autres</td><td>3,5</td><td>2 %</td></tr><tr><td>- Charges variables</td><td>547,0</td><td>87 %</td></tr><tr><td>  . fingerlings</td><td>227,5</td><td>36 %</td></tr><tr><td>  . aliment</td><td>250,5</td><td>40 %</td></tr><tr><td>  . divers</td><td>69,0</td><td>11 %</td></tr><tr><td>- Total charges</td><td>626,0</td><td>100 %</td></tr><tr><td>- Recettes</td><td>850,0</td><td></td></tr><tr><td>- Marge bénéf.</td><td>224,0</td><td></td></tr></table>		En F. CFA	en %	- Charges fixes	79,0	13 %	. amortissement	67,5	11 %	. autres	3,5	2 %	- Charges variables	547,0	87 %	. fingerlings	227,5	36 %	. aliment	250,5	40 %	. divers	69,0	11 %	- Total charges	626,0	100 %	- Recettes	850,0		- Marge bénéf.	224,0		<table><tr><th></th><th>En F. CFA</th><th>en %</th></tr><tr><td>- Charges fixes</td><td>69</td><td>13 %</td></tr><tr><td>  . amortissement</td><td>59</td><td>11 %</td></tr><tr><td>  . autres</td><td>10</td><td>2 %</td></tr><tr><td>- Charges variables</td><td>463</td><td>87 %</td></tr><tr><td>  . fingerlings</td><td>96</td><td>18 %</td></tr><tr><td>  . aliment</td><td>342</td><td>64 %</td></tr><tr><td>  . divers</td><td>25</td><td>5 %</td></tr><tr><td>- Total charges</td><td>532</td><td>100 %</td></tr><tr><td>- Recettes</td><td>650</td><td></td></tr><tr><td>- Marge bénéf.</td><td>118</td><td></td></tr></table>		En F. CFA	en %	- Charges fixes	69	13 %	. amortissement	59	11 %	. autres	10	2 %	- Charges variables	463	87 %	. fingerlings	96	18 %	. aliment	342	64 %	. divers	25	5 %	- Total charges	532	100 %	- Recettes	650		- Marge bénéf.	118	
	En F. CFA	en %																																																																																																				
- Charges fixes	62,0	25 %																																																																																																				
. amortissement	37,0	15 %																																																																																																				
. autres	25,0	10 %																																																																																																				
- Charges variables	187,0	75 %																																																																																																				
. fingerlings	82,5	33 %																																																																																																				
. aliment	80,0	32 %																																																																																																				
. divers	24,5	10 %																																																																																																				
- Total charges	249,0	100 %																																																																																																				
- Recettes	400,0																																																																																																					
- Marge bénéf.	151,0																																																																																																					
	En F. CFA	en %																																																																																																				
- Charges fixes	79,0	13 %																																																																																																				
. amortissement	67,5	11 %																																																																																																				
. autres	3,5	2 %																																																																																																				
- Charges variables	547,0	87 %																																																																																																				
. fingerlings	227,5	36 %																																																																																																				
. aliment	250,5	40 %																																																																																																				
. divers	69,0	11 %																																																																																																				
- Total charges	626,0	100 %																																																																																																				
- Recettes	850,0																																																																																																					
- Marge bénéf.	224,0																																																																																																					
	En F. CFA	en %																																																																																																				
- Charges fixes	69	13 %																																																																																																				
. amortissement	59	11 %																																																																																																				
. autres	10	2 %																																																																																																				
- Charges variables	463	87 %																																																																																																				
. fingerlings	96	18 %																																																																																																				
. aliment	342	64 %																																																																																																				
. divers	25	5 %																																																																																																				
- Total charges	532	100 %																																																																																																				
- Recettes	650																																																																																																					
- Marge bénéf.	118																																																																																																					
- Taux de rentabilité de l'investissement (marge bénéficiaire/investissement)	18,5 %	48,5 %	53,5 %																																																																																																			
- Valorisation de la journée de travail (marge bénéficiaire/force de travail nécessaire à l'activité piscicole considérée)	3 000 F.CFA	4 900 F.CFA	4 300 F.CFA																																																																																																			
- Valeur du SMIG dans le pays	900 F.CFA	900 F.CFA	800 F.CFA																																																																																																			

- Légende : p.m.i. : poids moyen initial  
 p.m.f. : poids moyen final  
 c.j.i. : croissance journalière individuelle  
 Q.N. : quotient nutritif (taux de conversion de l'aliment)  
 - Les mots soulignés correspondent à des thèmes de recherche proposés  
 - \*M : Mâle - \*F : Femelle  
 - \*\* : 1 F.CFA = 0,02 FF.



## **DISCUSSION ET PERSPECTIVES EN MATIERE DE DEVELOPPEMENT DE L'AQUACULTURE EN AFRIQUE**

Sur le plan de l'espèce d'élevage, *O. niloticus* apparaît comme parfaitement adapté aux élevages en eau douce, mais des travaux restent à faire concernant la recherche d'une espèce (ou souche, ou hybride, ...) résistante au milieu saumâtre lorsque la salinité excède 15‰.

Sur le plan de l'investissement (infrastructures d'élevage), l'étang est la structure qui présente le moins de souplesse pour différentes raisons : nombre de sites favorables limité en zone subtropicale (principal facteur limitant : l'eau), infrastructures de mise en oeuvre relativement lourdes et coûteuses si comptabilisées en totalité, amortissement sur une longue période qui pose le problème du financement de l'investissement et donc du crédit (aucun frais financier n'ayant été pris en compte dans les calculs économiques). L'étang est la structure d'élevage qui fournit le taux de rentabilité de l'investissement le plus faible (18 % contre 48 % et 53 % pour les cages et enclos) et où la proportion de charges fixes est la plus élevée. Cependant, l'étang convient très bien à de nombreuses situations dans lesquelles il peut s'intégrer : aménagements hydro-agricoles, élevages associés (1) et, bien sûr, partout où l'eau est disponible en quantité (avec une topographie acceptable).

Par ailleurs, les étangs sont des structures mieux adaptées pour la production d'alevins et de fingerlings que des bassins en béton par exemple (possibilité d'y stimuler l'alimentation naturelle des poissons).

Sur le plan de la conduite de l'élevage, l'étang est la structure qui offre le plus de sécurité, de souplesse de gestion et de simplicité dans la mise en oeuvre des techniques d'élevage du fait, entre autres, qu'une partie de l'alimentation des poissons (plancton, benthos) est produite *in situ* par stimulation de la chaîne alimentaire (fertilisation volontaire ou recyclage des aliments non consommés et fèces des poissons). Les élevages en enclos et en cages sont plus rigides quant aux techniques mises en oeuvre, plus délicats à mener, plus rigoureux de gestion (aliment principalement) et plus risqués : risque d'ordre pathologique, vols plus faciles, dérive du QN (perte d'aliment hors de l'enceinte d'élevage...).

Sur le plan logistique, outre l'encadrement qui, pour une activité nouvelle comme la pisciculture sur le continent africain, est indispensable quelle que soit la technique développée, les cages et les enclos sont entièrement dépendants de structures d'appui extérieures pour l'approvisionnement en alevins/fingerlings et aliments composés granulés (problème de la disponibilité en sous-produits agricoles, en quantité et en qualité). Les étangs, quant à eux, peuvent s'accommoder d'un aliment simple distribué en vrac et peuvent produire alevins et fingerlings. Les calculs économiques montrent la prépondérance des coûts liés à l'alimentation dans les enclos et les cages et, dans une moindre mesure, dans les étangs.

Sur le plan du développement, l'expérience des différents projets fait apparaître clairement une attirance spontanée des aquaculteurs potentiels plus marquée pour les structures d'élevage type enclos/cage que pour les étangs. Outre la notion de rentabilité de l'investissement et de valorisation du temps de travail, s'ajoute le fait que les enclos et cages concernent généralement des populations de pêcheurs (Bénin, Niger) traditionnellement plus dynamiques que les populations strictement paysannes qui nécessitent un travail de sensibilisation et de suivi plus important. Il apparaît également, et ce dans tous les systèmes d'élevage, que le rendement (donc la technicité de l'aquaculteur) doit être supérieur à

---

(1) Dans ce cas, les coûts d'alimentation sont nuls pour la production piscicole.

un minimum, à fixer dans chaque situation, pour garantir la rentabilité de l'activité : cette notion est particulièrement importante pour les étangs où un faible rendement, même s'il ne conduit pas à une perte financière, risque de décourager à terme l'aquaculteur.

Sur le plan économique, l'étang fournit (hors frais financiers et toutes choses égales par ailleurs) le poisson au plus faible prix de revient et, à ce titre, convient parfaitement aux populations rurales, moins riches que les populations urbaines auxquelles s'adressent, jusqu'à présent, les produits des élevages hors-sol.

Sur le plan de la stratégie pour l'avenir, il apparaît :

- qu'à chaque environnement, au sens large, doit correspondre une (ou des) technique(s) d'élevage adaptée(s) ;
- qu'il convient d'être prudent sur les conditions de transfert d'une technique d'une région à une autre ;
- que l'aquaculture doit être une spéculation et, à ce titre, présenter une rentabilité dont le niveau minimum est à fixer dans chaque situation ;
- que, dans un premier temps, il n'est pas systématiquement souhaitable que l'aquaculture constitue la seule activité (donc la seule source de revenu) pour celui qui la pratique à la dimension artisanale étudiée ici. La place de l'aquaculture dans l'emploi du temps de l'opérateur (paysan, pêcheur ...) devra être bien adaptée à chaque population-cible.
- que, dans toutes les hypothèses, la pisciculture s'inscrit dans le tissu économique du pays ou de la région où elle est amenée à se développer et ce développement se fera sur des bases d'autant plus solides que ce tissu sera plus dense.

## **DISCUSSION ET PERSPECTIVES EN MATIERE DE RECHERCHE**

Les résultats de la recherche menée jusqu'à présent sur les tilapias ainsi que l'expérience d'opérations de recherche/développement de leur aquaculture telles que celles décrites ci-dessus, amènent à formuler un certain nombre d'interrogations par rapport aux limites du développement de l'aquaculture de ce poisson dans les pays tropicaux et des thèmes de recherche pour l'avenir.

On se limitera ici aux disciplines biologiques sans viser, bien entendu, l'exhaustivité.

### **GENETIQUE**

#### **Caractérisation**

Dans le domaine de la génétique, un premier problème à résoudre semble être la caractérisation des souches de tilapia utilisées en pisciculture. Les travaux menés dans le monde depuis une vingtaine d'années sur le tilapia laissent transparaître une grande diversité de réponses des différentes populations d'une même espèce vis-à-vis d'un certain nombre de caractéristiques biologiques fondamentales en aquaculture : prolificité, vitesse de croissance, QN vis-à-vis des aliments artificiels et coefficient



d'utilisation de l'alimentation naturelle, aptitude à l'hybridation ... En d'autres termes, l'animal sur lequel le pisciculteur travaille a-t-il des caractéristiques génétiques telles que leur variabilité risque de mettre en cause ou d'altérer la fiabilité des systèmes d'élevage mis au point ?

Une illustration de cette interrogation est fournie par la disparité des performances d'élevage enregistrées dans deux structures d'élevage identiques placées rigoureusement dans les mêmes conditions à partir d'un stock homogène de fingerlings prélevés dans le même étang de prégrossissement divisé en deux (cas des cages flottantes au Niger : Parrel, comm. pers.).

### Gestion des géniteurs

Les questions qui se posent à ce niveau sont :

- sur quelles bases constituer et renouveler le stock de géniteurs ?
- quels sont les risques de dégénérescence (et les critères d'évaluation de cette dégénérescence) des descendances issues des géniteurs, en particulier si celles-ci sont destinées à des systèmes d'élevage différents ?

Les réponses à ces questions et leur mise en oeuvre varieront selon que l'alevinage est réalisé par le pisciculteur artisan sur son exploitation ou en station d'alevinage disposant d'infrastructures plus élaborées et fiables.

### Amélioration

Quelles sont les voies "réalistes" pour améliorer les espèces de tilapia utilisées en pisciculture. L'amélioration devrait, semble-t-il viser :

- le contrôle du sexe (élevages monosexes, poissons stériles...) ;
- une meilleure résistance aux maladies ;
- des capacités d'adaptation à certains milieux marginaux (salinité, température, turbidité, ...) ;
- des performances de croissance améliorées à la fois pour des systèmes d'élevage performants (alimentation équilibrée, conditions de milieu optimales, ...) et des systèmes plus extensifs et/ou rustiques.

### PHYSIOLOGIE ET ETHOLOGIE DE LA REPRODUCTION

Dans ce domaine, les voies à explorer semblent être :

- étude des comportements reproducteurs (nidification, incubation buccale, agressivité, ...) ; leur compréhension peut éventuellement permettre d'envisager de les contrôler ;
- étude de la variation des comportements reproducteurs selon les différentes structures d'élevage ;

- étude du déterminisme de la puberté ;
- étude des facteurs agissant sur le déterminisme du sexe : physiologiques, génétiques, environnementaux (température, salinité, mortalité différentielle, ...) ;
- étude de la variabilité de la prolificité selon certains croisements inter ou intraspécifiques.

Ce travail devrait déboucher sur l'amélioration qualitative et quantitative de la production d'alevins des différentes espèces de tilapia (et d'hybrides) et, notamment, permettre d'en réduire le coût.

### PHYSIOLOGIE DE LA CROISSANCE

Dans ce domaine, les mécanismes intimes restent encore mal connus. Parmi les questions non ou mal résolues et de grande importance pour l'aquaculture figurent :

- le suivi de l'évolution des concentrations naturelles de l'hormone de croissance (GH) chez les tilapias ainsi que le rôle et le mode d'action de cette hormone dans les processus de croissance.
- l'étude de la contribution relative des facteurs physiologiques d'une part, génétiques et éthologiques d'autre part dans le dimorphisme de croissance mâle/femelle.

### ENVIRONNEMENT ET ADAPTATION

Quel est le degré d'adaptabilité d'une espèce de tilapia vis-à-vis du milieu d'élevage et particulièrement vis-à-vis de ses caractéristiques physico-chimiques et de leur variation ? Compte tenu de la complexité des paramètres d'un milieu donné (surtout dans le cas d'élevages en milieu naturel tels que lacs, lagunes, cours d'eau ...), il semble que les deux approches complémentaires suivantes soient nécessaires :

- expérimentations *in situ* visant à déterminer les espèces (ou souches ou hybrides) de tilapia adaptées à un milieu donné au niveau d'intensification choisi.
- travaux de recherche en laboratoire (en milieu contrôlé) visant à :
  - . caractériser des limites d'adaptation aux principaux facteurs de l'environnement (température, salinité, oxygène dissous, turbidité...) aux différentes phases de l'élevage.
  - . mettre en évidence des descripteurs physiologiques permettant d'évaluer, selon des techniques aussi simples que possible, le degré d'adaptation du poisson aux principaux facteurs de l'environnement et sa capacité à résister à leur fluctuation.
  - . comprendre les mécanismes physiologiques de l'adaptation des tilapias en vue de leur contrôle éventuel en élevage.

Le suivi d'un maximum de caractéristiques du milieu d'élevage, lorsque cela est possible, permettra de corréler d'autant plus précisément les résultats obtenus par ces 2 types d'approche.

## NUTRITION

Les applications aquacoles des recherches menées dans ce domaine sont, bien entendu, considérables. Parmi les thèmes de recherche à envisager, on peut citer :

- étude de la valeur alimentaire des différents sous-produits agricoles et agro-industriels disponibles localement impliquant une étude aussi exhaustive que possible de la digestibilité des sous-produits agricoles tropicaux par les différentes espèces de tilapia d'élevage ;
- niveau de protéines (animales et végétales) nécessaire en fonction du type d'élevage ;
- rôle des vitamines et évaluation de la nécessité de les incorporer dans les aliments pour tilapia (compte tenu notamment de leur fragilité en milieu tropical et de la nécessité de les importer) ;
- étude du rôle de la présentation de l'aliment sur les performances : poudre, granulé, pâte, ... et dimensionnement des particules alimentaires en fonction du stade de croissance ;
- rationnement des poissons : dans ce domaine, un approfondissement des connaissances semble nécessaire, en particulier, au niveau de la précision des rations alimentaires pour lesquelles des normes générales semblent établies ; l'étude précise des besoins de croissance et d'entretien est à poursuivre et à affiner en fonction des paramètres du poisson lui même et des facteurs de l'environnement ;
- simulations en vue de l'optimisation des facteurs coût/performance de l'aliment ;
- problème essentiel en zone tropicale de la conservation des sous-produits agricoles destinés à la fabrication d'aliments pour poissons et détermination des seuils de toxicité de certains constituants (aflatoxine, rancissement des matières grasses, ...).

L'approche du travail concernant la nutrition sera différente selon qu'il s'agit d'élevages hors sol (cages, enclos, raceways, ...) ou d'élevages en étangs. Dans ce dernier cas, les problématiques concernent :

- les réseaux trophiques,
- l'effet secondaire des aliments non consommés directement par les poissons d'élevage et le rôle des fèces,
- l'importance de l'interface vase/eau,
- le rôle fertilisant de différents composts.

## PATHOLOGIE

Actuellement, les recherches menées en France sur la pathologie des poissons tropicaux sont pratiquement inexistantes.

Les problèmes, dans ce domaine, se posent surtout en élevage intensif et, à l'heure actuelle, essentiellement en milieu lagunaire et en milieu ouvert qui correspondent précisément aux systèmes d'élevage qui rencontrent le plus de succès auprès des opérateurs privés.

Une nécessaire optimisation entre densité d'élevage, faisabilité économique et risques pathologiques doit être réalisée pour chaque type d'élevage envisagé.

La solution préventive par une bonne gestion écosanitaire des élevages est bien entendu privilégiée. Il n'en reste pas moins que le problème crucial du diagnostic, en cas d'apparition de maladies, demeure : à quoi imputer les dégâts observés ? à l'environnement, à la conduite de l'élevage ?

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

FAO, 1989. Planning for Aquaculture Development. Report of an Expert Consultation hold in Policoro, Italy. 26 July - 2 August 1988.

*ADCP/REP/89/33 : I/T5792, I/T5788 et I/T5786.*

LAZARD J., 1980. Le développement de la pisciculture intensive en Côte d'Ivoire. Exemple de la ferme piscicole pilote de Natio-Kobadara (Korhogo).

*Notes et Documents sur la Pêche et la Pisciculture*, 21, 1-44.

LAZARD J., 1984. L'élevage du tilapia en Afrique. Données techniques sur sa pisciculture en étangs.

*Bois et Forêts des Tropiques*, 206, 33-50.

LAZARD J., P. MORISSENS et P. PARREL, 1988. La pisciculture artisanale du tilapia en Afrique : analyse de différents systèmes d'élevage et de leur niveau de développement.

*Bois et Forêts des Tropiques*, 215, 77-92.

MORISSENS P., P. ROCHE et C. AGLINGLO, 1986. La pisciculture intensive en enclos dans les grandes lagunes du Sud-Est Bénin.

*Bois et Forêts des Tropiques*, 213, 51-70.

NASH C., 1987. Future economic outlook for aquaculture and related assistance needs.

*FAO, ADCP/REP/87/25, Rome*, 14 p.

PARREL P., I. ALI et J. LAZARD, 1986. Le développement de l'aquaculture au Niger ; un exemple d'élevage de *Tilapia* en zone sahélienne.

*Bois et Forêts des Tropiques*, 212, 71-94.

SARIG S., 1988. The fish culture industry in Israel in 1987.

*Bamidgeh*, 40 (2), 43-49.

## **PHYSIOLOGIE DE L'ADAPTATION DES TILAPIAS A LA SALINITE : ASPECTS FONDAMENTAUX ET APPLIQUES**

---

**Patrick PRUNET (1) et Michel BORNANCIN (2)**

### **RESUME**

Les tilapias se caractérisent généralement par une large tolérance à la salinité ; cependant cette capacité d'adaptation aux eaux saumâtres ou marines est modulée par les facteurs environnementaux.

Les principaux mécanismes d'osmorégulation pour l'adaptation à la salinité sont présentés. La plupart des données disponibles concerne le rôle des branchies dans les échanges avec l'eau salée. L'importance des facteurs environnementaux ou endogènes durant l'adaptation au milieu salé est discutée.

Les connaissances actuelles du contrôle endocrinien de l'osmorégulation sont présentées et le rôle des hormones à action rapide (glucagon, urotensines, catécholamines ...) ou à action lente (prolactine, cortisol, ...) est étudié.

En conclusion, sont discutés plusieurs aspects de la physiologie de l'osmorégulation, dont l'étude présente un intérêt potentiel pour l'aquaculture.

### **ABSTRACT**

Tilapia species are generally characterized by a large tolerance to salinity ; however, such a capacity to adapt to brackish or seawater may be modulated by environmental factors. The major osmoregulatory mechanisms involved in salinity adaptation are presented. Most of the available data concern the role of gills in salt or water exchange. The importance of different factors (environmental or endogenous) in such adaptation is also discussed. The second part presents a survey of the endocrine control of osmoregulation in tilapia. Both fast-acting (e.g. glucagon, urotensins, catecholamines) and long-acting (e.g. prolactin, cortisol) hormones have been studied. In conclusion, several areas of osmoregulatory physiology potentially interesting for aquaculture are discussed.

---

(1) Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Laboratoire de Physiologie des Poissons, Campus de Beaulieu, 35042 Rennes Cedex, France.

(2) Faculté des Sciences et des Techniques, Laboratoire de Physiologie Cellulaire et Comparée, Parc Valrose, 06034 Nice Cedex, France.

## **INTRODUCTION**

Les poissons des genres *Tilapia*, *Sarotherodon* et *Oreochromis* sont caractérisés par une grande tolérance à un large spectre de conditions environnementales. Leur origine tropicale apparaît clairement dans leur préférendum thermique : ces poissons ne tolèrent pas des températures inférieures à 12°C mais sont remarquablement tolérants à des températures élevées, jusqu'à 42°C (Chervinski, 1982). En outre, plusieurs espèces de tilapia présentent une euryhalinité marquée et la présence de ces espèces dans des régions africaines d'estuaires ou côtières a été confirmée par de nombreuses publications (voir revue de Stickney, 1986). Cette tolérance ne se limite pas à l'eau de mer mais aussi à des eaux de qualité médiocre.

Du fait de la compétition avec l'agriculture pour l'utilisation de l'eau, on a assisté à un développement de l'aquaculture du tilapia dans des zones marginales telles que les eaux saumâtres ou l'eau de mer (Payne, 1983). Cependant, tolérance à la salinité ne signifie pas forcément aptitude à une production intensive et inversement, des espèces de tilapia telles que *Oreochromis niloticus* qui est très appréciée pour ses potentialités aquacoles (fort taux de croissance), ne présentent pas une bonne euryhalinité. Au contraire, *Oreochromis mossambicus* qui est une espèce très euryhaline, n'a pas été retenue du fait de son faible taux de croissance. Cela a conduit au développement d'espèces hybrides telles que le tilapia rouge produit par croisement d'une femelle *O. mossambicus* avec un male *O. niloticus*. Ce tilapia est actuellement un candidat sérieux pour l'aquaculture en eau saumâtre et en mer (Liao et Chang, 1983).

Récemment, des taux de croissance faibles associés à des mortalités élevées ont été observés chez différentes espèces de tilapia élevées en eau saumâtre (Doudet, 1986 ; Morissens, 1987). Les résultats peuvent paraître contradictoires par rapport à l'image classique du tilapia capable de résister à la salinité, cependant, la plupart de ces études ont été réalisées en laboratoire et souvent sur une période de temps court. Dans le milieu naturel, les poissons ont à faire face à des fluctuations de salinité, de température et de qualité d'eau pendant plusieurs mois, ce qui rend l'adaptation à la salinité difficile. L'évaluation précise de l'importance de tels facteurs sur la physiologie reste à faire.

Dans cette revue, nous nous efforcerons de présenter différents aspects de la physiologie de l'osmorégulation : la première partie présentera les principaux mécanismes physiologiques impliqués dans l'adaptation à la salinité et l'importance de divers facteurs modulateurs de cette adaptation. La deuxième partie sera consacrée au contrôle endocrinien de l'osmorégulation chez le tilapia.

## **OSMOREGULATION**

Le poisson est sujet à des échanges avec le milieu extérieur : d'une part, on observe des échanges passifs au niveau de toutes les parties du corps en contact avec l'eau, d'autre part, des échanges régulés se mettent en place au niveau de membranes spécialisées telles que les branchies, le tube digestif ou les tubules rénaux, pour maintenir la composition du milieu intérieur.

L'épithélium branchial est responsable de plusieurs fonctions physiologiques complexes : la respiration, l'excrétion, la balance acido-basique, et la régulation osmotique. La fourniture d'oxygène à partir des faibles concentrations de ce gaz dans l'eau nécessite un flux ininterrompu d'eau au niveau des branchies. Cela signifie donc que les cellules branchiales sont constamment exposées aux substances chimiques naturelles ou artificielles contenues dans l'eau.



Si la part d'énergie nécessaire à la respiration et à l'osmorégulation est faible, la part de métabolisme énergétique utilisable pour la croissance devient plus importante. Ainsi, la température et la salinité de l'eau sont des facteurs importants qui peuvent modifier la survie, la croissance et la reproduction de ces poissons et limiter la distribution de l'espèce. La tolérance à la salinité des tilapias a souvent été testée. Cependant, les mécanismes osmorégulateurs restent mal connus. Nous présenterons donc les résultats connus sur les mécanismes d'échange des sels au niveau des branchies et en particulier le rôle possible de la  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -ATPase, ensuite nous aborderons certains aspects de la tolérance à la salinité chez le tilapia. Ce dernier sujet a déjà fait l'objet de synthèses bibliographiques récentes (Chervinski, 1982 ; Philippart et Ruwet, 1982 ; Payne, 1983 ; Stickney, 1986).

## ECHANGES D'IONS AU NIVEAU DES BRANCHIES

Les premiers travaux de Potts *et al.* (1967) ont montré qu'après adaptation à l'eau de mer d'*O. mossambicus* on observait une augmentation du taux de boisson, du taux d'échange de  $\text{Na}^+$  et du contenu corporel en  $\text{Na}^+$ . L'augmentation du taux de boisson n'explique qu'une partie (1/4) de l'augmentation du flux entrant de  $\text{Na}^+$  en eau de mer, l'essentiel (3/4) de l'entrée de cet ion s'effectuant au niveau des branchies et de la peau. Il est largement admis que l'épithélium branchial est le principal lieu de transport des sels chez les poissons à la fois pour l'entrée de sels en eau douce (Evans, 1980 ; Payan *et al.*, 1984) et l'excrétion de sels en eau de mer (Maetz et Bornancin, 1975). Chez la même espèce (*O. mossambicus*) Dharmamba *et al.* (1975) ont étudié l'adaptation à l'eau de mer. Les flux entrants et sortants de  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  ont été comparés chez des poissons adaptés à l'eau douce, à l'eau de mer diluée au 1/3 et à l'eau de mer. Ces résultats sont présentés dans le tableau 1. Les niveaux de  $\text{Na}^+$  et de  $\text{Cl}^-$  plasmatiques restent pratiquement constants dans les 3 milieux, ce qui montre la bonne adaptabilité du poisson. Cependant, après transfert d'eau douce en eau de mer diluée au 1/3 ou en eau de mer entière, on observe une augmentation nette des flux sortants. De même, une large augmentation du taux de renouvellement du  $\text{Na}^+$  est observée après adaptation à de l'eau de mer diluée ou entière. Ces résultats ont été récemment confirmés chez *Tilapia grahami* par Eddy et Maloïy (1984).

L'étude des flux branchiaux de  $\text{Na}^+$  et de l'activité de la  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -ATPase met en évidence un parallélisme intéressant dans l'évolution de ces paramètres après transfert en eau de mer (voir tableau 1 et Dharmamba *et al.*, 1975). Une augmentation significative de cette activité enzymatique en relation avec la salinité du milieu extérieur est comparable à celle observée chez d'autres poissons téléostéens (De Renzis et Bornancin, 1984). Des résultats identiques ont été obtenus par Valverde *et al.* (1982) chez *Tilapia rendalli* et par Dange (1986a) chez *O. mossambicus*.

L'absorption d'autres ions que le  $\text{Na}^+$  a été également observée au niveau de la branchie. Ainsi, Flick *et al.* (1985) ont mis en évidence une entrée de  $\text{Ca}^{++}$  essentiellement branchiale chez *O. mossambicus* adapté à l'eau douce ce qui confirme le rôle important du milieu extérieur comme source de  $\text{Ca}^{++}$  pour le poisson.

Récemment, les travaux d'Avella *et al.* (1987), réalisés chez la truite arc-en-ciel ont montré que le terme "eau douce" recouvre en fait des situations différentes en terme de pH, de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  ou de  $\text{Ca}^{++}$  pour l'adaptation du poisson. Lorsque les poissons sont exposés de manière durable à des eaux douces de concentrations ioniques différentes, on observe des modifications morphologiques du tissu branchial qui sont associées à des performances physiologiques différentes de l'épithélium. Chez une truite d'eau douce, le flux entrant de  $\text{Na}^+$  est associé à l'abondance des "cellules riches en mitochondries" sur la lamelle secondaire de la branchie (Avella *et al.*, 1987). Ces cellules appelées "cellules à chlorure" ont été initialement observées dans les branchies d'anguilles adaptées à l'eau de mer (Keys et Wilmer, 1932) et leur rôle dans l'excrétion de sel en eau de mer a été largement établi (Maetz et Bornancin, 1975 ; Fosskett et Scheffey, 1982). Chez des poissons adaptés à l'eau de mer, les cellules à chlorure sont situées sur les

**Tableau 1 :** Paramètres ioniques d'adaptation à l'eau de mer de *O. mossambicus* (Dharmamba *et al.*, 1975 )

		Milieu d'adaptation		
		Eau douce	1/3 eau de mer	Eau de mer
Valeurs plasmatiques (m eq/l)	Na <sup>+</sup>	158,5 ± 2,2 (n = 12)	163,2 ± 2,5 (n = 9)	163,8 ± 2,0 (n = 11)
	Cl <sup>-</sup>	139,0 ± 1 (n = 12)	149,5 ± 2,2 (n = 9)	146,2 ± 1,7 (n = 11)
Flux ioniques (μ eq/h.100g) poissons adaptés aux différents milieux	Na <sup>+</sup>	13,6 ± 2,5 (n = 8)	116 ± 29 (n = 6)	746 ± 79 (n = 6)
	Cl <sup>-</sup>	11,4 ± 2,9 (n = 6)		
Flux ioniques (μ eq/h.100g) transfert direct des poissons de l'eau douce dans les différents milieux	Na <sup>+</sup>	8,4 ± 1,3 (n = 8)	125 ± 56 (n = 5)	1651 ± 171 n = 8)
	Cl <sup>-</sup>	8,0 ± 2,4 (n = 8)		1538 ± 339 (n = 4)
Taux horaire de renouvellement	Na <sup>+</sup>	2,4 %	3,5 %	40 %
Activité ATPasique de la fraction microsomale d'épithélium branchial (μ M Pi/h.mg de protéines)		1,5 ± 0,1 (n = 12)	2,8 ± 0,7 (n = 9)	3,5 ± 0,8 (n = 11)



filaments (lamelles primaires) branchiaux et le nombre de cellules à chlorure augmente après transfert en eau de mer (Maetz et Bornancin, 1975). Chez *O. mossambicus*, on observe la présence de cellules à chlorure sur la membrane operculaire ; lors de l'adaptation à l'eau de mer, Foskett *et al.*, (1981) ont en particulier observé le développement de cellules à chlorure typiques différentes de celles présentes en eau douce. Après transfert en mer, le nombre de cellules à chlorure augmente durant les 3 premiers jours et ultérieurement on observe une hypertrophie de ces cellules. La conclusion la plus intéressante de ce travail est la mise en évidence d'une forte corrélation entre l'accroissement de l'excrétion de sel et l'augmentation du nombre de cellules à chlorure et leur différenciation. D'autres paramètres doivent être aussi pris en considération pendant les processus d'adaptation des tilapias à l'eau de mer. Ainsi, Assem et Hanke (1981) ont montré la participation d'acides aminés tels que la taurine et la glycine dans les mécanismes de régulation osmotique des cellules musculaires du tilapia.

### LA TOLERANCE A LA SALINITE

L'aptitude des tilapias à développer les mécanismes physiologiques décrits précédemment leur permet ainsi de survivre après transfert d'eau douce en eau de mer ou en eau saumâtre. Bien que les tilapias soient des poissons euryhalins qui tolèrent une large gamme de salinité, une telle aptitude varie suivant les espèces.

L'adaptation à la salinité peut être modulée par de nombreux facteurs environnementaux ou endogènes. Dans une étude sur l'ontogenèse de la tolérance à la salinité, Watanabe *et al.* (1985a) mettent en évidence une relation étroite avec la taille du poisson, les animaux plus gros s'adaptant mieux aux salinités élevées. Dans une autre étude, les mêmes auteurs montrent aussi que la tolérance à la salinité peut être augmentée par une exposition précoce du poisson à la salinité (pendant la période de ponte ou d'éclosion) : ils ont ainsi observé que la meilleure résistance à la salinité est obtenue après une exposition aussi précoce que possible aux salinités élevées (Watanabe *et al.*, 1985b).

L'alimentation est aussi susceptible de modifier l'adaptabilité à l'eau de mer : un aliment enrichi en sels augmente le taux de survie de plusieurs espèces d'*Oreochromis* après transfert en milieu hyperosmotique (Al-Amoudi, 1987). Finalement, des facteurs tels que la température, l'oxygène dissous ou l'ammoniac modulent aussi l'adaptation à la salinité (Beamish, 1970 ; Farghaly *et al.*, 1973 ; Whitfield et Blaber, 1976), mais l'impact exact de tels facteurs sur les capacités hypo-osmorégulatrices du poisson restent à clarifier. Il serait aussi intéressant d'étudier l'importance de la préacclimatation à des eaux douces de qualités différentes pour l'adaptation à l'eau salée des tilapias.

### CONTROLE HORMONAL DE L'OSMOREGULATION

Comme chez les autres téléostéens, le contrôle hormonal de l'osmorégulation chez le tilapia fait intervenir à la fois des hormones à action rapide (catecholamines, somatostatine, glucagon, VIP, urotensines) et des hormones à action lente (prolactine, cortisol, hormones thyroïdiennes).

La prolactine (PRL) est parmi les premières hormones étudiées chez *O. mossambicus* : Handin *et al.* (1964) ont les premiers montré l'inaptitude à survivre en eau douce d'un tilapia hypophysectomisé et Dharmamba *et al.* (1967) ont montré qu'un traitement à la PRL permet la survie de ces poissons hypophysectomisés. Des études ultérieures ont confirmé l'implication de la PRL : un traitement à la PRL de tilapias hypophysectomisés maintient la balance sodique en réduisant le flux sortant de sodium (Dharmamba et Maetz, 1972). De plus, l'injection de PRL à des tilapias adaptés à l'eau de mer augmente les niveaux de sodium et l'osmolarité du plasma (Dharmamba *et al.*, 1973). La PRL a pour effet principal de réduire les flux totaux sortant et entrant de Na<sup>+</sup> (Dharmamba et Maetz, 1976) ainsi qu'une perte d'eau

intracellulaire et une augmentation du  $K^+$  intracellulaire (Loretz, 1979). Ces propriétés osmorégulatrices de la PRL sont à la base d'un dosage biologique *in vivo* basé sur l'augmentation de  $Na^+$  plasmatique après injection de PRL chez *O. mossambicus* adapté à l'eau de mer (Clarke, 1973).

Des techniques d'électrophysiologie ont été utilisées pour l'étude de membranes operculaires isolées (contenant de nombreuses cellules à chlorure) d'*O. mossambicus* et du contrôle hormonal des mécanismes cellulaires impliqués dans l'adaptation à l'eau douce ou à l'eau de mer. Chez les tilapias adaptés à l'eau de mer, la PRL inhibe l'excrétion de chlore au niveau de la membrane operculaire, probablement par un effet de dédifférenciation des cellules à chlorure (Foskett *et al.*, 1982a). Récemment, l'étude chez des tilapias d'eau douce du potentiel transépithélial a montré une chute de ce paramètre après hypophysectomie (Young *et al.*, 1988). L'injection de PRL de tilapia rétablit la valeur de ce potentiel ainsi que les niveaux de  $Na^+$  et de  $Cl^-$  plasmatiques (Young *et al.*, 1988). De plus, cette même étude montre que la PRL de tilapia n'a pas d'effet sur l'activité de la  $Na^+/K^+$ -ATPase branchiale. Ces résultats sont en accord avec un rôle inhibiteur de la PRL sur la perméabilité passive aux ions de l'épithélium branchial en eau douce (Clarke et Bern, 1980). De plus, les travaux de Wendelaar Bonga et Van der Meij (1981) montrent que la PRL diminue aussi la perméabilité à l'eau de branchies isolées de tilapia.

La purification de la PRL de tilapia (Farmer *et al.*, 1977) a permis le développement d'un dosage radioimmunologique homologue utilisé pour la mesure des niveaux plasmatiques et hypophysaires de PRL. Le transfert d'eau de mer en eau douce induit une augmentation de 7 à 12 fois des niveaux de PRL plasmatique (Nicoll *et al.*, 1981). De plus, l'étude des contenus hypophysaires en PRL estimés à partir d'études histologiques de l'hypophyse ou par dosage radioimmunologique montre une chute après adaptation à l'eau de mer (Dharmamba et Nishioka, 1968 ; Nicoll *et al.*, 1981). Les résultats sont en accord avec un rôle important de la PRL en eau douce. Récemment, une deuxième molécule de PRL a été caractérisée à partir d'hypophyses de tilapia en culture (Specker *et al.*, 1985). Les séquences complètes des deux PRL de tilapia ont été déterminées (Yamaguchi *et al.*, 1988) et montrent la présence de 11 acides aminés supplémentaires dans une des deux PRL. Malgré ces différences biochimiques, ces deux PRL présentent des activités osmorégulatrices similaires chez des tilapias d'eau douce (Specker *et al.*, 1985 ; Young *et al.*, 1988). Des études plus précises devraient être réalisées afin de déterminer si chacune de ces PRL présente des activités biologiques spécifiques.

Le principal corticostéroïde des poissons, le cortisol a depuis longtemps été impliqué dans l'osmorégulation (Hirano et Mayer-Gostan, 1978). Cependant son étude chez les tilapias reste limitée. Assem et Hanke (1981) ont montré une augmentation transitoire de cortisol plasmatique après transfert eau douce-eau de mer ou l'inverse et ces auteurs suggèrent un rôle important du cortisol pour les changements de métabolisme en relation avec la régulation du volume cellulaire. Une implication plus directe du cortisol dans l'osmorégulation du tilapia a été mise en évidence par Dange (1986b) : après traitement au cortisol, cet auteur observe une augmentation de l'activité de la  $Na^+/K^+$ -ATPase branchiale. En outre, Foskett *et al.* (1981) ont mis en évidence une augmentation de la densité de cellules à chlorure sur la membrane operculaire isolée de tilapia traitée au cortisol ; cependant, aucun effet sur l'excrétion de  $Cl^-$  n'a été observé. Il est intéressant de noter que le traitement au cortisol chez des tilapias hypophysectomisés ne modifie pas l'excrétion de  $Cl^-$  (Foskett *et al.*, 1983) ; ces auteurs suggèrent donc l'intervention d'autres facteurs, sans doute environnementaux, pour expliquer le déclenchement de l'excrétion de sels par les cellules à chlorure chez des tilapias transférés en mer. L'ensemble de ces travaux met en évidence, chez des tilapias adaptés à l'eau de mer, l'implication du cortisol dans la stimulation des cellules à chlorure, qui par contre sont inhibées par la prolactine.

Le contrôle endocrinien de l'osmorégulation par les hormones à action rapide n'a été abordé chez le tilapia que dans le cadre d'études *in vitro* (intestin ou membrane operculaire isolés). L'épinéphrine, la somatostatine et l'urotensine II inhibent l'excrétion de chlore par la membrane operculaire alors que le glucagon et le VIP (peptide vaso-intestinal) stimulent cette excrétion (Foskett *et al.*, 1982b et 1983). Il est probable que cet effet est obtenu via une modulation de l'AMPc intracellulaire des cellules à chlorure. Le rôle osmorégulateur du VIP, de l'urotensine I et II a aussi été démontré par leurs effets sur l'absorption d'eau et d'ions dans l'intestin antérieur de tilapias adaptés à l'eau douce ou à l'eau de mer (Mainoya et Bern, 1982 et 1984). Ces facteurs endocriniens pourraient jouer un rôle important dans l'adaptation à la salinité (Foskett *et al.*, 1983). L'épinéphrine est sécrétée chez le poisson, à la suite d'un stress et cette hormone pourrait aussi inhiber l'excrétion d'ions au niveau des cellules à chlorure branchiales. Cet effet semblerait, par contre, contrebalancé par le glucagon. Des études complémentaires restent cependant nécessaires si l'on veut mieux comprendre les effets antagonistes de ces hormones.

Cette revue du contrôle hormonal de l'osmorégulation chez les tilapias suggère un certain nombre de commentaires :

- toutes ces études ont été réalisées avec une seule espèce de tilapia, *O. mossambicus* qui est parmi les espèces les plus euryhalines. L'application de ces résultats à d'autres espèces de tilapia présentant des différences dans leur tolérance à la salinité doit donc être faite avec prudence, dans la mesure où les mécanismes physiologiques envisagés précédemment peuvent être différents.
- la plupart des expériences présentées utilisent des hormones mammaliennes : ceci est particulièrement important pour des hormones telles que la PRL dont la structure s'est modifiée de manière importante au cours de l'évolution (voir revue de Clarke et Bern, 1980). Les effets biologiques observés avec la PRL ovine peuvent ne pas correspondre avec ceux de la PRL de tilapia. La récente découverte de 2 molécules de PRL chez le tilapia (Specker *et al.*, 1985) entraîne une complication du problème. Ces résultats confirment donc l'importance de réaliser une caractérisation biochimique complète des hormones impliquées dans l'osmorégulation, associée à une étude de leurs propriétés physiologiques.

## CONCLUSION

Malgré les nombreuses études réalisées sur l'osmorégulation des tilapias et sur son contrôle endocrinien, notre connaissance des mécanismes physiologiques permettant l'adaptation à la salinité reste limitée. La plupart des études ont été réalisées sur des poissons adaptés à l'eau de mer, et peu de travaux se sont intéressés aux périodes de mise en place des mécanismes adaptatifs. Différentes techniques ont été développées ces dernières années, telles que la mesure des flux d'ions, des niveaux hormonaux, des activités enzymatiques ou l'analyse de l'ultrastructure cellulaire. L'utilisation judicieuse de ces techniques devrait permettre d'obtenir une meilleure compréhension de ces mécanismes adaptatifs, en particulier au niveau des branchies.

Relativement peu d'espèces ont fait l'objet d'études physiologiques qui ont principalement concerné une seule espèce, *O. mossambicus*, dont l'intérêt aquacole reste mineur. Il serait intéressant, maintenant, d'étendre ces études à d'autres espèces, en particulier celles d'intérêt aquacole. Ainsi l'étude de l'interaction entre l'adaptation à la salinité et la reproduction ou la réponse immunitaire serait certainement d'un grand intérêt. Plusieurs travaux ont déjà suggéré des liens possibles entre l'adaptation à la salinité, la reproduction (Chervinski et Yashouv, 1971 ; Watanabe et Kuo, 1985 ; Fineman-Kalio, 1988) et le développement d'infections (Liao et Chang, 1983). Pour des raisons à la fois fondamentales et pratiques il serait tout à fait justifié de s'intéresser de manière plus approfondie à ces problèmes.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AL-AMOUDI M.M., 1987. The effect of high salt diet on the direct transfer of *Oreochromis mossambicus*, *O. spirulus* and *O. aureus* x *O. niloticus* hybrids to sea water.  
*Aquaculture*, 64, 333-338.
- ASSEM H. et W. HANKE, 1981. Cortisol and osmotic adjustment of the euryhaline teleost, *Sarotherodon mossambicus*.  
*Gen. Comp. Endocrinol.*, 43, 370-380.
- AVELLA M., A. MASONI, M. BORNANCIN, et N. MAYER-GOSTAN, 1987. Gill morphology and sodium influx in the rainbow trout (*Salmo gairdneri*) acclimated to artificial freshwater environments.  
*J. Exp. Zool.*, 241, 159-169.
- BEAMISH F.W.H., 1970. Influence of temperature and salinity acclimation on temperature preference of the euryhaline fish *Tilapia nilotica*.  
*J. Fish Res. Board. Can.*, 27, 1209-1214.
- CHERVINSKI J., 1982. Environmental physiology of tilapias.  
*In : The biology and culture of tilapias*, R.S.V. Pullin and R.H. Lowe-McConnell Eds., ICLARM Conf. Proc. 7, 119-128.
- CHERVINSKI J. et A. YASHOUV, 1971. Preliminary experiments on the growth of *Tilapia aurea* in sea water ponds.  
*Bamidgeh*, 23, 125-129.
- CLARKE W.C., 1973. Sodium-retaining bioassay of prolactin in the intact teleost *Tilapia mossambica* acclimated to sea water.  
*Gen. Comp. Endocrinol.*, 21, 498-512.
- CLARKE W.C. et H.A. BERN, 1980. Comparative endocrinology of prolactin.  
*In : Hormonal proteins and peptides*, C.H. Li Ed., Academic Press, New York, 8, 105-197.
- DANGE A.D., 1986a. Branchial Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-ATPase inhibition in a freshwater euryhaline teleost, *Tilapia* (*Oreochromis mossambicus*) during short-term exposure to toluene or naphthalene : influence of salinity.  
*Environ. pollut.*, 42, 273-286.
- DANGE A.D., 1986b. Branchial Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-ATPase activity in freshwater or saltwater acclimated tilapia *Oreochromis* (*Sarotherodon*) *mossambicus* : effect of cortisol and thyroxine.  
*Gen. Comp. Endocrinol.*, 62, 341-343.
- DE RENZIS G. et M. BORNANCIN, 1984. Ions transport and gill ATPases.  
*In : Fish Physiology*, W.S. Hoar and D.J. Randall Eds., Academic Press, New York, 65-104.
- DHARMAMBA M. et J. MAETZ, 1972. Effects of hypophysectomy and prolactin on the sodium balance of *Tilapia mossambica* in fresh water.  
*Gen. Comp. Endocrinol.*, 19, 175-183.

- DHARMAMBA M. et J. MAETZ, 1976. Branchial sodium exchange in seawater adapted *Tilapia mossambica* : effects of prolactin and hypophysectomy.  
*J. Endocrinol.*, 70, 293-299.
- DHARMAMBA M. et R.S. NISHIOKA, 1968. Response of "prolactin secreting" cells of tilapia to environmental salinity.  
*Gen. Comp. Endocrinol.*, 10, 409-420.
- DHARMAMBA M., M. BORNANCIN et J. MAETZ, 1975. Environmental salinity and sodium and chloride exchanges accross the gill of *Tilapia mossambica*.  
*J. Physiol.*, 70, 627-636.
- DHARMAMBA M., R.I. HANDIN, J. NANDI et H.A. BERN, 1967. Effect of prolactin on freshwater survival and on plasma osmotic pressure of hypophysectomized *Tilapia mossambica*.  
*Gen. Comp. Endocrinol.*, 6, 295-302.
- DHARMAMBA M., N. MAYER-GOSTAN, J. MAETZ et H.A. BERN, 1973. Effect of prolactin on sodium movement in *Tilapia mossambica* adapted to seawater.  
*Gen. Comp. Endocrinol.*, 21, 179-187.
- DOUDET T., 1986. Projet pilote de développement de l'aquaculture lagunaire (Côte d'Ivoire). Compte-rendu d'activités 1986.  
*Doc. ronéo., CTFT, Nogent-sur-Marne*, 16 p.
- EDDY F.B. et G. M.O. MALOY, 1984. Ionic content of body fluids and sodium efflux in *Oreochromis alcalicus grahami*, a fish living at temperature above 30° C and in conditions of extreme alkalinity.  
*Comp. Biochem. Physiol.*, 78A, 359-361.
- EVANS D.H., 1980. Kinetic studies of ion transport by fish gill epithelium.  
*Am. J. Physiol.*, 228, R224-R230.
- FARGHALY A.M., A.A. EZZART et M.B. SHABANA, 1973. Effect of temperature and salinity changes on the blood characteristics of *Tilapia zilli* G. in Egyptian littoral lakes.  
*Comp. Biochem. Physiol.*, 46A, 183-193.
- FARMER S.W., H. PAPKOFF, T.A. BEWLEY, T. HAYASHIDA, R.S. NISHIOKA, H.A. BERN et C.H. LI, 1977. Isolation and properties of teleost prolactin.  
*Gen. Comp. Endocrinol.*, 31, 60-71.
- FINEMAN-KALIO A.S., 1988. Preliminary observations on the effect of salinity on the reproduction and growth of freshwater Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L), cultured in brackishwater ponds.  
*Aqua. Fish. Manag.*, 19, 313-320.
- FLICK G., J.C. FENWICK, Z. KOLAR, N. MAYER-GOSTAN et S.E. WENDELAAR BONGA, 1985. Whole-body calcium flux rates in cichlid teleost fish *Oreochromis mossambicus* adapted to freshwater.  
*Am. J. Physiol.*, 249, R432-R437.
- FOSKETT J.K., H.A. BERN, T.E. MACHEN et M. CONNER, 1983. Chloride cells and the hormonal control of teleost fish osmoregulation.  
*J. Exp. Biol.*, 106, 255-281.



- FOSKETT J.K., G. HUBBARD, T.E. MACHEN et H.A. BERN, 1982b. Effects of epinephrine, glucagon and vasoactive intestinal polypeptide on chloride secretion by teleost opercular membrane.  
*J. Comp. Physiol.*, 146, 27-34.
- FOSKETT J.K., C.D. LOGSDON, T. TURNER, T.E. MACHEN et H.A. BERN, 1981. Differentiation of the chloride extrusion mechanism during seawater adaptation of a teleost fish, the cichlid *Sarotherodon mossambicus*.  
*J. Exp. Biol.*, 93, 209-224.
- FOSKETT J.K., T.E. MACHEN et H.A. BERN, 1982a. Chloride secretion and conductance of teleost opercular membrane : effect of prolactin.  
*Am. J. Physiol.*, 242, R380-R389.
- FOSKETT J.K. et C. SCHEFFEY, 1982. The chloride cell : Definitive identification as the salt-secretory cell in teleosts.  
*Science*, 215, 164-166.
- HANDIN R.I., J. NANDI et H.A. BERN, 1964. Effect of hypophysectomy on survival and on thyroid and interrenal histology of the cichlid teleost *Tilapia mossambica*.  
*J. Exp. Zool.*, 157, 339-344.
- HIRANO T. et N. MAYER-GOSTAN, 1978. Endocrine control of osmoregulation in fish.  
*In : Comparative Endocrinology, P.J. Gaillard and H.H. Boer Eds., Elsevier/ North-Holland, Amsterdam, 209-212.*
- KEYS A.B. et E.N. WILMER, 1932. "Chloride secreting cells" in the gill of fishes, with special reference to the common eel.  
*J. Physiol.*, 76, 368-378.
- LIAO I.C. et S.L. CHANG 1983. Studies on the feasibility of red tilapia culture in saline water.  
*In : Proceedings of the International Symposium on Tilapia in Aquaculture, L. Fishelson and Z. Yaron Comps., Tel-Aviv University, Tel-Aviv, 524-533.*
- LORETZ C.A., 1979. Some effects of ovine prolactin on body fluid composition in the cichlid teleost *Sarotherodon mossambicus* acclimated to seawater.  
*Gen. Comp. Endocrinol.*, 38, 38-42.
- MAETZ J. et M. BORNANCIN, 1975. Biochemical and biophysical aspects of salt excretion by chloride in teleosts.  
*Forts. chr. Zool.*, 22, 322-362.
- MAINOYA J.R. et H.A. BERN, 1982. Effects of teleost urotensins on intestinal absorption of water and NaCl in tilapia *Sarotherodon mossambicus* adapted to freshwater or seawater.  
*Gen. Comp. Endocrinol.*, 47, 54-58.
- MAINOYA J. et H.A. BERN, 1984. influence of vasoactive intestinal peptide and urotensin II on the absorption of water and NaCl by the anterior intestine of the tilapia, *Sarotherodon mossambicus*.  
*Zool. Sci.*, 1, 100-105.

MORISSENS P., 1987. Projet de développement de la pisciculture.  
*Rapport Annuel, 1986, doc. ronéo., CTFT, Nogent-sur-Marne.*

NICOLL C.S., W.S. WILSON, R. NISHIOKA et H.A. BERN, 1981. Blood and pituitary prolactin levels in tilapia (*Sarotherodon mossambicus*, Teleostei) from different salinities as measured by a homologous radioimmunoassay.  
*Gen. Comp. Endocrinol.*, 44, 365-373.

PAYAN P., J.P. GIRARD et N. MAYER-GOSTAN, 1984. Branchial ion movements in teleosts : the roles of respiratory and chloride cells.  
*In : Fish Physiology, W.S. Hoar, D.J. Randall Eds. Academic Press, New York, 39-63.*

PAYNE A.I., 1983. Estuarine and salt tolerant tilapias.  
*In : Proceedings of the International Symposium on Tilapia in Aquaculture, L. Fishelson and Z. Yaron Comps., Tel-Aviv University, Tel-Aviv, 534-543.*

PHILIPPART J.C. et J.C. RUWET, 1982. Ecology and distribution of tilapias.  
*In : The biology and culture of tilapias, R.S.V. Pullin and R.H. Lowe-McConnell Eds., ICLARM Conf. Proc.*, 7, 15-59.

POTTS W.T.W., M.A. FOSTER, P.P. RADY et G.P. HOWELL, 1967. Sodium and water balance in the cichlid teleost *Tilapia mossambica*.  
*J. Exp. Biol.*, 47, 461-470.

SPECKER J.L., D.S. KING, R.S. NISHIOKA, K. SHIRAHATA, K. YAMAGUCHI et H.A. BERN, 1985. Isolation and partial characterization of a pair of prolactins released *in vitro* by the pituitary of a cichlid fish, *Oreochromis mossambicus*.  
*Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 82, 7490-7494.

STICKNEY R.R., 1986. Tilapia tolerance to saline waters : a review.  
*Prog. Fish Cult.*, 48, 161-167.

VALVERDE Y.R., O.F. ARBEX et M.V.C. FABRIA, 1982. Adaptive response of (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>) ATPase from gills and intestine of *Plecostemus ancistroides* and *Tilapia rendalli* to a gradual increase in water salinity.  
*Rev. Brasil. Biol.*, 42, 129-134.

WATANABE W.O. et C.M. KUO, 1985. Observations on the reproductive performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in laboratory aquaria at various salinities.  
*Aquaculture*, 49, 315-323.

WATANABE W.O., C. KUO et M.C. HUANG, 1985a. The ontogeny of salinity tolerance in the tilapias *Oreochromis aureus*, *O. niloticus* and an *O. mossambicus* x *O. niloticus* hybrid, spawned and reared in freshwater.  
*Aquaculture*, 47, 353-367.

WATANABE W.O., C. KUO, M.C. HUANG, 1985b. Salinity tolerance of Nile tilapia fry (*Oreochromis niloticus*) spawned and hatched at various salinities.  
*Aquaculture*, 48, 159-176.

WENDELAAR BONGA S.E. et J.C. VAN DER MEIJ, 1981. Effect of ambient osmolarity and calcium on prolactin cell activity and osmotic water permeability on the gills in the teleost *Sarotherodon mossambicus*.

*Gen. Comp. Endocrinol.*, 43, 432-442.

WHITFIELD A.K. et S.J.M. BLABER, 1976. The effect of temperature and salinity on *Tilapia rendalli*, Boulenger, 1896.

*J. Fish Biol.*, 9, 99-104.

YAMAGUCHI K., J.L. SPECKER, D.S. KING, Y. YOKOO, R.S. NISHIOKA, T. HIRANO et H.A. BERN, 1988. Complete amino acid sequence of a pair of fish (tilapia) prolactins, t PRL<sub>177</sub> and t PRL<sub>188</sub>.

*J. Biol. Chem.*, 263, 9113-9121.

YOUNG P.S., S.D. McCORMICK, J.R. DEMAREST. R.J. LIN, R.S. NISHIOKA et H.A. BERN, 1988. Effects of salinity, hypophysectomy, and prolactin on whole-animal transepithelial potential in the tilapia *Oreochromis mossambicus*.

*Gen. comp. Endocrinol.*, 71, 389-397.



## **ALIMENTATION DES TILAPIAS**

---

**Pierre LUQUET (1)**

### **RESUME**

Les données relatives à l'alimentation du tilapia sont rares et concernent essentiellement l'apport azoté. Les besoins quantitatifs en protéines apparaissent proches de 35 % de la ration et sont homogènes avec ceux connus pour les autres espèces lorsqu'on les exprime par rapport à la croissance spécifique. Ces besoins peuvent partiellement être couverts par de multiples matières premières dont les potentialités n'ont pas toutes été explorées notamment quant à la variabilité de leur qualité. Dans les structures d'élevage ouvertes, la disponibilité de nourriture naturelle, par ses apports quantitatifs et qualitatifs, relativise les données acquises en laboratoire. Des recommandations sont effectuées pour la prise en compte de ces interférences et pour acquérir les bases nécessaires à une bonne gestion des matières premières et de la distribution de nourriture.

### **ABSTRACT**

There are scarce data on tilapia nutrition and feeding. The most documented scope, i.e. protein requirement, shows a good agreement with the knowledge of coolwater and warmwater fishes if expressed in relation to specific growth rate.

Various feedstuffs can be used to satisfy protein requirements but the effects of the variations of their quality are not sufficiently studied. The main problem lies in the qualitative and quantitative interference with natural food ; thus there are some discrepancies with the results obtained in laboratory. Such a problem needs more interest as the management of the feedstuffs and the feeding.

---

(1) Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). Laboratoire d'Hydrobiologie, BP 709, 97387 Kourou Cedex, France.

## **INTRODUCTION**

Malgré l'intérêt porté à l'élevage du tilapia, les données relatives aux besoins alimentaires et au métabolisme des différentes espèces sont rares. Jauncey et Ross (1982) ont résumé l'essentiel des connaissances acquises et de fait il n'est apparu que peu d'éléments nouveaux depuis la parution de cette revue. Dans la pratique les formulations des aliments utilisés sont effectuées au mieux par analogie avec les recommandations édictées pour les autres espèces d'eau chaude ou même d'eau tempérée ou froide (NRC, 1983), et au pire en fonction des matières premières disponibles localement.

Les données acquises sont essentiellement relatives aux besoins en protéines de la ration alimentaire et à quelques matières premières susceptibles de couvrir ces besoins. La présente revue - qui ne se veut pas exhaustive - sera essentiellement consacrée à une approche synthétique de ces connaissances.

## **BESOINS QUANTITATIFS EN PROTEINES**

La plupart des travaux consacrés à l'étude des besoins quantitatifs en protéines ont été réalisés sur les stades juvéniles (éclosion à quelques grammes) dans des enceintes de faible volume. Le critère le plus généralement utilisé est le gain de poids, l'optimum protéique étant censé représenter le taux au delà duquel est noté soit un plateau soit une diminution du gain de poids.

Le tableau 1 établi soit d'après les publications originales, soit d'après les compilations de Newman *et al.* (1979), Jauncey et Ross (1982), Tacon et Cowey (1985), Tabthipwon (1985) rapporte en outre les indices de consommation ainsi que les besoins en protéines absolus journaliers et les quantités de protéines nécessaires à l'obtention d'un kg de gain de poids.

L'homogénéité des résultats est remarquable et situerait le besoin en protéines des stades juvéniles des tilapias à 35-36 % quels que soient l'espèce et son comportement alimentaire dans le milieu naturel.

Une analyse un peu moins superficielle laisse cependant apparaître des anomalies dans la mesure où les taux de rationnement varient dans une fourchette très large (3 à 15 % du poids vif/jour). Ceci entraîne un besoin quotidien (g de protéine/kg de poids vif/jour) très variable, les valeurs calculées s'étalant de 10g à 50g/jour. Or, Ogino (1980a) a bien mis en évidence l'interaction taux alimentaire-taux optimal de protéines et bien illustré la relation inverse qui lie ces deux données. Les données du tableau 1 ne permettent pas d'obtenir un même type de représentation. Toutefois l'étude du graphique de Balarin et Haller (1982) tiré de la thèse de Tabthipwon (1985) laisse entrevoir une telle tendance. Dans une certaine mesure, une augmentation du taux de rationnement peut compenser un faible taux protéique de l'aliment.

Une généralisation plus satisfaisante a toutefois été effectuée par Tacon et Cowey (1985) qui ont montré la remarquable homogénéité des besoins pour toutes les espèces examinées y compris *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis aureus*, *Oreochromis mossambicus* et *Tilapia zillii*. En effet il apparaît qu'il existe une relation linéaire entre le besoin exprimé en g de protéines/kg de gain de poids par jour et la vitesse de croissance spécifique.

Pour ce qui concerne le besoin exprimé par rapport au gain de poids, il faut souligner le faible rendement noté par Cruz et Laudencia (1977) chez les femelles de *O. mossambicus* qui avaient manifesté un gain de poids deux fois plus faible que les mâles.

Tableau 1 : Besoins quantitatifs en protéines d'alevins de tilapia (1)

Espèce	Poids initial	Sexe	Rationnement % du PV**	Indice consom- mation	Besoin en protéines		
					% de la ration	g/kg PV** /jour	g/kg gain de poids
<i>O. niloticus</i>	0,3-0,8g	-	6	1,92	35	21,0	403
	alevin		15	1,78	35	52,5	623
<i>O. mossam- bicus</i>	1,5-2 g	M *	3	1,70	35,7	10,7	607
	(3-4cm)	F *	3	3,29	35,7	10,7	1996
	1,8 g	-	6	1,46	42	25,5	613
	6-30 g	-	3	1,6-1,8	30-35	-	-
<i>O. aureus</i>	0,37 g	-	8,8	1,59	36	31,8	572
	alevin	-	10-20	-	36-56	-	-
<i>T. zillii</i>	1,8 g	-	5	1,20	35	17,5	420
<i>O. hornorum</i> x <i>O. niloticus</i>	14,5 g	M	3	1,8	30,5	9,2	549

\*M : Mâle - \*F : Femelle

\*\* PV : poids vif

---

(1) Compilation des données de Newman *et al.* (1979), Jauncey et Ross (1982), Tacon et Cowey (1985), Tabthipwon (1985).

### INFLUENCE DE LA TAILLE

Il n'existe que peu de travaux - parfois non publiés - permettant d'évaluer l'influence de la taille ou du stade physiologique sur les besoins en protéines. Jauncey et Ross (1982) en effectuant la synthèse des travaux réalisés dans leur laboratoire recommandent les valeurs suivantes :

éclosion - 0,5 g	:	50 % de protéines
0,5 g - 10 g	:	40 % de protéines
10 - 30 g	:	30-35 % de protéines

Cette tendance à une diminution du taux des protéines lorsque la taille des poissons augmente - tendance généralement acceptée pour les autres espèces de poissons élevés - semble confirmée par les données de Hastings (1973) qui rapporte un besoin en protéines de 30 % pour *O. niloticus* de 350 à 550 g et de Newman *et al.* (1979), qui indiquent une valeur identique pour l'hybride *Oreochromis hornorum* x *Oreochromis niloticus* de 14,5 g.

### INFLUENCE DU MILIEU

Un problème plus important nous semble être - pour ce qui concerne les formulations pratiques - l'influence du milieu d'élevage. Rappelons que la quasi totalité des données figurant dans le tableau 1 dérivent d'expériences effectuées en aquarium. Dans les conditions pratiques d'élevage en étangs ou même en cages, les poissons peuvent avoir accès à la nourriture naturelle dont on sait qu'elle est d'essence protéique. Ainsi Lovell (1980) estime que si le besoin en protéines de *O. aureus* semble proche de 36 %, des taux de 25 % devraient être suffisants pour obtenir une croissance optimale en étangs. De fait Wannigama *et al.* (1985) n'ont pas trouvé de différences de croissance pour des *O. niloticus* nourris, à raison de 3 % de poids vif par jour - avec des rations renfermant de 19 à 29 % de protéines, dans des cages de 5 m<sup>3</sup>. Si Viola et Arieli (1982 et 1983) ont bien montré que pour l'élevage de l'hybride *O. niloticus* x *O. aureus*, en cages placées dans des bassins de terre fertilisés, un taux de 30 % de protéines procure de meilleures performances qu'un taux de 25 %, un taux de 35 % par contre n'apporte pas d'amélioration sensible.

La plupart des travaux rapportés ci-dessus ont été réalisés en utilisant de la farine de poisson ou des matières premières de bonne qualité comme source protéique. Les recommandations édictées seront donc à corriger en fonction de la valeur alimentaire des sources protéiques utilisées : valeur biologique qui dépend essentiellement de leur teneur en acides aminés essentiels et surtout digestibilité dont nous verrons plus loin qu'elle varie dans une mesure assez large.

### BESOINS EN ACIDES AMINES

Peu d'auteurs se sont investis dans l'étude du besoin quantitatif en acides aminés. Seuls Jackson et Capper (1982) ont estimé le besoin en lysine (1,62 % de la ration), en méthionine (< 0,53 %) et en arginine (< 1,59 %) pour *O. mossambicus*. Les études dans ce domaine butent sur le problème de type méthodologique, à savoir le déficit de croissance généralement trouvé lors de l'utilisation d'aliments à base d'acides aminés cristallisés.

Ainsi même l'utilisation de régimes renfermant 20 % de protéines et 20 % d'acides aminés pour *O. mossambicus* n'a pas permis à Jackson et Capper (1982) d'obtenir une croissance équivalente à un régime renfermant 40 % de protéines, ce type d'approche a donc pour effet de fournir des recommandations trop basses (Cowey et Luquet, 1983).

Toutefois, l'intérêt d'études exhaustives dans le domaine de la détermination des besoins quantitatifs en acides aminés paraît limité dans la mesure où des approches indirectes permettent d'avoir une assez bonne approximation des besoins. On s'aperçoit qu'il existe une assez bonne homogénéité dans les besoins en acides aminés des poissons d'eau froide (truite arc-en-ciel) et d'eau chaude (poisson chat) en exprimant les besoins non pas en % de la ration ou en % de protéines de la ration, mais en absolu. Aussi les besoins en méthionine, lysine et arginine s'élèvent respectivement à 20, 44 et 30 mg/100 g/jour (Cowey et Luquet, 1983). De même pour ce qui concerne les proportions relatives des différents acides aminés essentiels, la compilation des données publiées permet de noter une bonne homogénéité entre les besoins du saumon, du poisson chat, de l'anguille et de la carpe et la chair de poisson (Cowey et Luquet, 1983). Jauncey *et al.* (1983) ont utilisé ce type d'approche, de même que celle proposée par Ogino (1980b) basée sur le dépôt journalier en acides aminés pour évaluer les besoins en acides aminés de *O. mossambicus*. Les valeurs moyennes sont rapportées dans le tableau 2.

Dans un premier temps on peut donc s'arrêter à ce type d'approche qui a le double avantage de la rapidité et de la fiabilité comparativement aux approches du type dose-réponse.

De même la mauvaise utilisation des acides aminés libres fera préférer les techniques de complémentation des protéines à celles de supplémentation avec des acides aminés cristallisés.

## **SOURCES DE PROTEINES**

La quasi totalité des travaux réalisés indique que, comme chez la plupart des espèces, la farine de poisson constitue la meilleure source protéique pour le tilapia. Ceci n'a rien d'étonnant du moins pour ce qui concerne leur équilibre en acides aminés en fonction de ce qui vient d'être évoqué.

Il y a lieu toutefois de ne pas généraliser car les observations effectuées par nous-mêmes au Niger en 1985 indiquent que des lots de farine de poisson peuvent n'avoir qu'une valeur alimentaire moyenne, voire entraîner des effets négatifs. Cependant, dans ce cas, des facteurs autres que l'apport azoté doivent être incriminés.

La démarche classique consiste à tenter de substituer en totalité, ou pour partie, d'autres matières premières riches en protéines, en général des tourteaux végétaux. Les plus classiquement considérés sont le tourteau de soja, le tourteau de coton et le tourteau d'arachide. Viennent ensuite les tourteaux de colza et de tournesol. Dans le cas du tilapia d'autres sources végétales ont été testées telles que les feuilles de *Leucaena leucocephala* (24-25 % de protéines), d'*Alocosia miccorhiza* (25-26 % de protéines), *Lemma sp.* (38-31 % de protéines) et *Azolla sp.* (20-30 % de protéines) ou les drêches de brasserie (26 % de protéines).

La bonne utilisation de ces sources protéiques dépend bien sûr de leur teneur en protéines, de leur digestibilité et de leur équilibre en acides aminés mais également d'autres facteurs plus difficilement maîtrisables tels que leur teneur en facteurs antinutritionnels, les déséquilibres pouvant être exacerbés par les conditions climatiques ou de stockage classiquement rencontrées dans les zones de production et/ou d'utilisation.

Tableau 2 : Besoins quantitatifs en acides aminés de *O. mossambicus* (d'après Jauncey *et al.*, 1983)

Acide aminé	% de l'aliment	% des protéines
Arginine	1,13	2,82
Histidine	0,42	1,05
Isoleucine	0,80	2,01
Leucine	1,35	3,40
Lysine	1,51	3,78
Methionine	0,40	0,99
Phénylalanine	1,00	2,50
Thréonine	1,17	2,93
Tryptophane	0,17	0,43
Valine	0,88	2,20

Tableau 3 : Coefficient d'utilisation digestive des protéines et de la matière organique de quelques matières premières disponibles au Bénin.

	CUD des protéines %	CUD de la matière organique %
Farine de poisson	72	58
Tourteau d'arachide	79	72,5
Tourteau de coton	31	0 (-24)
Tourteau de palmiste	0 (-26)	0 (-89)
Tourteau de karité	0 (-97)	32
Farine de maïs	53	78
Son de blé	20	34
Drèches de brasserie	62	42
Fientes de volailles	0 (-82)	0 (-130)

Les données relatives à la digestibilité, éparses dans la bibliographie, sont hétérogènes en raison notamment des méthodologies utilisées pour leur estimation. Le tilapia est de plus un animal peu pratique du moins pour ce qui concerne la récolte des fèces par pression abdominale (Barash *et al.*, 1983). A titre d'exemple sont rapportés dans le tableau 3 quelques résultats obtenus par nous-mêmes, résultats qui illustrent par ailleurs les effets secondaires négatifs de certaines matières premières (tourteau de palmiste, tourteau de karité, fientes de volailles).

Les essais réalisés en laboratoire avec des matières premières, dont on a veillé à la qualité, indiquent en général une possibilité d'incorporation de l'ordre de 20 à 30 %, soit un apport en protéines couvrant de 25 à 50 % des besoins. Sont à noter la "tenue" moyenne du tourteau de soja (Jackson *et al.*, 1982 ; Viola et Arieli, 1983), les bons résultats obtenus avec le tourteau de tournesol qui malgré la présence d'un fort taux de cellulose ne présente pas de facteurs antinutritionnels connus (Jackson *et al.*, 1982), ainsi que les résultats moyens obtenus avec le tourteau de coton (Jackson *et al.*, 1982 ; Jauncey et Ross, 1982 ; Ofojekwu et Ejike, 1984), le gossypol n'étant pas considéré comme étant le facteur négatif (Robinson *et al.*, 1984).

L'utilisation de végétaux entiers du type *Lemma* (Gaicher *et al.*, 1984 ; Tabthipwon, 1985) et *Leucaena* (Pantastico et Baldia, 1979 ; Jackson *et al.*, 1982) donne des résultats contradictoires, mais le fait que des résultats positifs aient été trouvés lors de l'utilisation d'*Alocasia miccorhiza* (Ramos-Henao et Corredor, 1980) par *Tilapia rendalli* (en étang) reste encourageant.

Comme lors des essais relatifs à l'étude des besoins en protéines, le type de structure d'élevage semble interagir de façon considérable (Jackson *et al.*, 1982), ainsi s'agit-il d'examiner de façon critique les conditions expérimentales et les valeurs absolues et non pas uniquement comparatives.

Il faut donc à notre sens bien se garder de généraliser les résultats "acquis".

Ainsi, lors de recherches à caractère cognitif, souvent effectuées en laboratoire, des conditions expérimentales défavorables auraient tendance à biaiser les résultats. Inversement même lors des essais de "terrain", interfère la nourriture naturelle dont Schroeder (1983) a montré qu'elle peut représenter de 50 à 70 % de la nourriture totale disponible pour le tilapia, quel que soit le type de gestion de l'étang, y compris la distribution d'aliments composés complets. En conséquence cet apport "endogène" doit permettre, dans une certaine mesure, de corriger les carences de l'aliment distribué (on a souvent affaire à des poissons microphages), rendant les résultats globalement plus positifs que ceux effectués en laboratoire.

## **RECOMMANDATIONS**

Dans une perspective finalisée sur le plan économique, les interrogations effectuées ci-dessus et les énormes lacunes implicites nous amènent à suggérer que soient considérés les points suivants :

- L'affinement des méthodologies permettant d'apprécier la contribution quantitative et qualitative de l'alimentation naturelle. Le fait que des aliments à base de 45 % de tourteau d'arachide et 50 % de son de céréales sans supplémentation vitaminique procurent de bons résultats (gain de poids de 0,9 g/jour et IC de 1,74) constitue en effet une interrogation troublante.
- Un système de veille ou d'appréciation de la bonne conservation des matières premières (rancissement, oxydation, mycotoxines) est indispensable d'autant plus que les zones d'élevage de tilapia sont climatiquement favorables à de telles altérations.
- Indépendamment de la formulation, les modalités de distribution de la nourriture (taux de rationnement, heures de distribution des repas) apparaissent de ce jour davantage avoir de grandes incidences sur le rendement alimentaire, des variations de 100 % étant parfois notées.

Sur le plan plus cognitif, mais avec également des incidences appliquées évidentes, deux points mériteraient d'être abordés ou approfondis :

- l'utilisation comparée des différents substrats énergétiques (acides aminés, hydrates de carbone, lipides),
- l'activité fonctionnelle de la flore digestive dans la modification des substrats (protéiques et glucidiques) et l'éventuelle synthèse de vitamines. Dans ce domaine il est certain que l'interaction avec le milieu présente un intérêt encore plus crucial.



## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BALARIN J.D. et R.D. HALLER, 1982.

*In : Tabthipwon (1985).*

BARASH H., H. NEUMARK, E. HEFFER, B. IOSIF et J. ITZKOVICH, 1983. An improved technology for determining diet digestibility by tilapia.

*In : Proceedings of the International Symposium on Tilapia in Aquaculture, L. Fishelson and Z. Yaron Comps., Tel-Aviv University, Tel-Aviv, 338-345.*

COWEY C.B. et P. LUQUET, 1983. Physiological basis of protein requirement of fishes. Critical analysis of allowances.

*In : Protein Metabolism and Nutrition, Arnal M., R. Pion et D. Bonin Eds., INRA, Paris, Vol. I, 365-384.*

CRUZ E.M. et L.L. LAUDENCIA, 1977. Protein requirement of *Tilapia mossambica* fingerlings.

*Kalikasan, Philipp. J. Biol.* 177-182.

GAICHER I.G., D.PORATH et G. GRANOTH, 1984. Evolution of duckweed *Lemna gibba* as feed for Tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) in a recirculating unit.

*Aquaculture*, 41, 235-244.

HASTINGS W.H., 1973. Projet régional de recherche et de formation piscicoles (Cameroun - République Centrafricaine - Gabon - République du Congo). Expériences relatives à la préparation d'aliments des poissons et à leur alimentation.

*Doc. FAO*, 22 p.

JACKSON A.J. et B.S. CAPPER, 1982. Investigations into the requirements of the tilapia *Sarotherodon mossambicus* for dietary methionine, lysine and arginine in semi synthetic diets.

*Aquaculture*, 20, 289-297.

JACKSON A.J., B.S. CAPPER et A.J. MATTY, 1982. Evaluation of some plant proteins in complete diets for the tilapia (*Sarotherodon mossambicus*).

*Aquaculture*, 27, 97-109.

JAUNCEY K. et B. ROSS, 1982. A guide to tilapia feeds and feeding.

*Institute of Aquaculture, University of Stirling, Scotland*, 111 p.

JAUNCEY K., A.C.J. TACON et A.J. JACKSON, 1983. The quantitative essential amino acid requirements of *Oreochromis (Sarotherodon) mossambicus*.

*In : Proceedings of the International Symposium on Tilapia in Aquaculture, L. Fishelson and Z. Yaron Comps., Tel-Aviv University, Tel-Aviv, 328-337.*

LOVELL T., 1980. Feeding tilapia.

*Aquaculture Magazine*, 7, 43-43.

NRC, 1983. Nutrient requirements of warmwater fishes and shell-fishes.

*Revised Edition, National Academy Press, Washington D.C.* 102 p.

- NEWMAN M.W., H.E. HVEZO et D.G. HUGUES, 1979. The response of all male tilapia hybrids to four levels of proteins in isocaloric diets.  
*Proc. World Maricul. Soc.*, 10, 788-792.
- OFOJEKWU P.C. et C. EJIKE, 1984. Growth response and feed utilisation in the tropical cichlid *Oreochromis niloticus* (Linn.) fed on cottonseed-based artificial diets.  
*Aquaculture*, 42, 27-36.
- OGINO C., 1980a. Protein requirements of carp and rainbow trout.  
*Bull. Jap. Soc. Scient. Fish.*, 46, 385-388.
- OGINO C., 1980b. Requirement of carp and rainbow trout for essential amino acids.  
*Bull. Jap. Soc. Scient. Fish.*, 46, 171-174.
- PANTASTICO J. B et J.P. PANDIA, 1979. Supplemental feeding of *Tilapia mossambica*.  
*In : Finfish Nutrition and Fishfeed Technology*, Halver J.E. and K. Tiews Eds., Vol. I, 588-593.
- RAMOS-HENAO A. et G.G. CORREDOR, 1980. Effects of three management practices on the growth and production of *Tilapia rendalli*.  
*Bamidgeh*, 32, 41-44.
- ROBINSON E.H., S.D. RAWLES, P.W. OLDENBURG et R.R. STICKNEY, 1984. Effects of feeding glandless or glanded cottonseed products and gossypol to *Tilapia aurea*.  
*Aquaculture*, 38, 145-154.
- SCHROEDER G.L. 1983. The role of natural foods in tilapia growth : a study based on stable isotope analysis.  
*In : Proceedings of the International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, L. Fishelson and Z. Yaron Comps., Tel-Aviv University, Tel-Aviv, 312-322.
- TABTHIPWON P. 1985. Utilisation de la lentille d'eau *Lemna minor* en aquaculture. Application au tilapia *Sarotherodon niloticus*.  
*Thèse Doctorat spécialité, Institut National Polytechnique, Toulouse*, 106 p.
- TACON A.G.J. et C.B. COWEY, 1985. Protein and amino - acid requirements.  
*In : Fish Energetics : new perspectives*, Tytler P. and P. Calon Eds., 155-183.
- VIOLA S. et Y. ARIELI, 1982. Nutrition studies with a high-protein pellet for carp and *Sarotherodon spp.* (tilapia).  
*Bamidgeh*, 34, 39-46.
- VIOLA S. et Y. ARIELI, 1983. Nutrition studies with tilapia (*Sarotherodon*) I. Replacement of fishmeal by soyabean meal in feeds for intensive tilapia culture.  
*Bamidgeh*, 35, 9-17.
- WANNIGAMA N.D., D.E.M. WEERAKDON et G. MUTHUKUMARANA, 1985. Cage culture of *S. niloticus* in Sri Lanka : Effect of stocking density and dietary crude protein levels on growth.  
*In : Finfish nutrition in Asia. Methodological approaches to research and development*, Cho C.Y., C.B. Cowey and T. Watanabe Eds., 113-117.

## PHYSIOLOGIE DE LA REPRODUCTION DES TILAPIAS : BILAN DES CONNAISSANCES ET PERSPECTIVES DE RECHERCHES D'INTERET APPLIQUE

---

Jean François BAROILLER (1) et Bernard JALABERT (2)

### RESUME

En milieu confiné, l'efficacité précoce de la reproduction des tilapias (diverses espèces de la famille des cichlidés appartenant principalement aux genres *Oreochromis*, *Sarotherodon* et *Tilapia*), conduit à une rapide surpopulation avec une tendance au nanisme. C'est pourquoi le contrôle artificiel de leur reproduction est très important pour la réussite de l'élevage. Selon les besoins, un tel contrôle peut consister soit à empêcher complètement la production d'alevins dans une population pour améliorer la croissance, soit à favoriser leur production massive pour la mise en élevage de populations homogènes.

Actuellement, les techniques les plus intensives sont fondées sur l'élevage séparé des mâles, dont le potentiel de croissance est plus important, soit après un tri manuel, soit après traitement hormonal conduisant à une population monosexue mâle. De nouvelles voies d'obtention de telles descendance monosexes mâles sont proposées, fondées sur la viabilité et la fertilité d'un génotype nouveau YY. Des travaux récents sur la différenciation du sexe de la gonade de tilapia permettent de suggérer l'utilisation éventuelle de stéroïdes identifiés *in vitro* pendant le développement testiculaire précoce, et présentant de fortes potentialités masculinisantes, ainsi que l'essai d'inhibiteurs spécifiques de certaines activités enzymatiques conduisant à leur synthèse.

L'existence d'un comportement parental est un facteur important de l'efficacité de la reproduction des tilapias. Des travaux récents montrent une étroite relation entre la chronologie du comportement d'incubation buccale chez *Oreochromis* et celle du cycle ovarien. Une meilleure connaissance des facteurs physiologiques sous-jacents devrait permettre la mise au point de méthodes originales pour inhiber la reproduction et/ou pour la synchroniser.

---

(1) Centre Technique Forestier Tropical, département du Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CTFT/CIRAD), Division Pêche et Pisciculture. Adresse actuelle : Institut des Savanes (IDESSA), Département Piscicole, BP 621, Bouaké, Côte d'Ivoire.

(2) Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Laboratoire de Physiologie des Poissons, Campus de Beaulieu, 35042 Rennes Cedex, France.

## **ABSTRACT**

In confined environments, the precocious reproductive efficiency of "tilapias" (various cichlid species belonging to the genera *Oreochromis*, *Sarotherodon* and *Tilapia*) can rapidly lead to overcrowding and nanism. Therefore, the artificial control of reproduction in these species is very important for success in their culture. Such a control may consist either in completely preventing fry production in a population, in order to improve growth, or in favouring synchronous massive productions of fry, in order to set up cultures with homogeneous populations.

At present, some of the most intensive techniques are based on the separate rearing of male fish, either, either after manual sorting or following hormonal inversion treatments leading to monosex populations. New ways of obtaining a male monosex progeny are suggested, based on the viability and fertility of a new genotype YY. Recent data on the sex differentiation of tilapia gonad suggest the possible use of steroids which have been identified *in vitro* during the early stages of development of the testis and which exhibit high masculinizing potentialities ; these studies also suggest the tentative use of specific inhibitors of the activity of some of the enzymes involved in the synthesis of the above mentioned steroids.

The occurrence of parental care is an important factor in the reproductive efficiency of tilapias. Recent data show close relationships between the chronology of the mouth brooding behaviour in *Oreochromis* and that of the ovarian cycle. A better knowledge of the underlying physiological factors may facilitate the development of new techniques for the inhibition and/or the synchronization of reproduction.

## **INTRODUCTION**

Les tilapias, avec plus de 20 espèces déjà utilisées en élevage (Guerrero, 1982), sont particulièrement appréciés pour leur robustesse, leur large distribution, leur taux de croissance important et leur reproduction aisée. L'efficacité de cette reproduction résulte directement de plusieurs caractéristiques biologiques ou éthologiques :

- Une nidification associée à un comportement de défense du nid (Lowe-McConnell, 1959 ; McBay, 1961 ; Bruton et Bolt, 1975 ; Ruwet *et al.*, 1976 ; Philippart et Ruwet, 1982).
- Une ponte fractionnée suivie immédiatement de la fécondation de chaque groupe d'ovules émis (Shaw et Aronson, 1954 ; Philippart et Ruwet, 1982 ; Mélard, 1986).
- L'existence de comportements de "soins parentaux" visant à protéger les oeufs dès leur fécondation. Chez les espèces dites à "incubation buccale" (genres *Sarotherodon* et *Oreochromis*) les oeufs sont incubés dans la cavité buccopharyngienne, comportement souvent associé en milieu naturel à une migration du géniteur dans une zone riche en végétation aquatique et protégée. Les espèces dites "gardiennes" ou "pondeurs sur substrat" (genre *Tilapia*) assurent la ventilation de leurs oeufs, déposés et/ou collés sur un "substrat de ponte" lors de la fraie, grâce à un brassage constant de l'eau par des mouvements de nageoires (McBay, 1961 ; Fishelson, 1966 ; Arrignon, 1969 ; Rothbard et Pruginin, 1975 ; Ruwet *et al.*, 1976).
- Des soins parentaux persistant après l'éclosion (Ruwet, 1962 ; Ruwet *et al.*, 1976 ; Perrone et Zaret, 1979 ; Owusu-Frimpong, 1987), au moins jusqu'à la résorption de la vésicule.
- Une maturité sexuelle pouvant être acquise très tôt chez des animaux de petite taille (Lowe-McConnell, 1958 et 1982 ; Ruwet *et al.*, 1976). C'est ainsi que, dans certaines conditions, la maturation est observée chez des *Sarotherodon melanothron* de 3,8 cm (Eyeson, 1983), des *Oreochromis mossambicus* de 4,2 cm (Arrignon, 1969) et des *Tilapia zillii* de 6 cm (Dadzie et Wangila, 1980).
- Des cycles de reproduction successifs permettant à une même femelle de produire toutes les 4 à 6 semaines une nouvelle cohorte d'alevins (Arrignon, 1969 ; Rothbard et Pruginin, 1975 ; Ruwet *et al.*, 1976 ; Mélard et Philippart, 1981), sauf dans les environnements exposés à des variations saisonnières importantes (Moreau, 1979). Dans des conditions d'environnement optimales, l'absence relative de synchronisme dans les cycles reproducteurs des géniteurs femelles d'une même population se traduit par une production continue d'alevins.

L'ensemble de ces particularités biologiques peut conduire, en milieu confiné et en situation de compétition alimentaire, à une rapide surpopulation, avec une tendance au nanisme (Hickling, 1960 ; McBay, 1961 ; Loya et Fishelson, 1969 ; Hyder, 1970a ; Fryer et Iles, 1972 ; Bard *et al.*, 1974 ; Bruton et Allanson, 1974 ; Eyeson, 1983 ; Lazard, 1984).

C'est pourquoi le contrôle strict de la reproduction devrait permettre d'améliorer la rentabilité des élevages. Les techniques généralement envisagées pour contrôler la reproduction des poissons cherchent à agir sur le développement de la gonade soit en modulant son activité (stimulation, inhibition temporaire ou définitive), soit en l'orientant préférentiellement vers le sexe qui possède les meilleures potentialités aquacoles, les populations monosexes étant obtenues par inversion hormonale. Chez les

tilapias, ces approches sont complétées par l'utilisation de caractéristiques propres à ce groupe : un dimorphisme sexuel assez précoce de la papille urogénitale (dès 2 à 3 mois post-fécondation) peut permettre d'isoler les mâles des femelles peu avant les toutes premières reproductions ; d'autre part, l'hybridation entre certaines espèces peut aussi conduire à l'obtention de descendance monosexes mâles.

Toutes les techniques mentionnées ci-dessus reposent sur le contrôle du développement de la gonade pour empêcher la production de gamètes, ou sur l'isolement de chacun des sexes pour empêcher la fécondation. Mais la nature et l'importance des comportements de soins parentaux chez les cichlidés peuvent aussi suggérer de nouvelles voies dans la recherche de moyens pratiques pour contrôler artificiellement leur reproduction.

Cet article présente donc une partie des travaux réalisés chez les tilapias sur les mécanismes physiologiques qui peuvent réguler la différenciation et la maturation des gonades ainsi que la réalisation des comportements reproducteurs (soins parentaux notamment). Les travaux cités ont été retenus en fonction des orientations de recherches qu'ils peuvent suggérer pour améliorer le contrôle de la reproduction de ces espèces.

### **L'INVERSION HORMONALE ET LA DIFFERENCIATION DU SEXE DE LA GONADE**

Le moyen le plus simple et le plus radical pour éviter la reproduction consiste à séparer les mâles des femelles. Chez les tilapias, il est couramment admis que la croissance des mâles est supérieure à celle des femelles (Pruginin, 1967 ; Shell, 1967 ; Hickling, 1968 ; Lazard, 1980 ; Hanson *et al.*, 1983 ; Legendre, 1986). En utilisant quelques-unes des techniques décrites ultérieurement dans ce paragraphe, Hanson *et al.* (1983) observent effectivement que des populations mâles ont toujours une meilleure croissance que des lots femelles (fig. 1). En outre, ils mettent en évidence une potentialité de croissance équivalente chez les individus mâles mais génétiquement femelles, quand ils sont comparés à des animaux de phénotype et de génotype mâle. Or, en pratique, des populations monosexes mâles peuvent être obtenues par sexage manuel, par hybridation ou/et par inversion hormonale. Le sexage manuel d'après l'apparence de la papille urogénitale consiste donc à se débarrasser de toutes les femelles, soit environ la moitié de la population. Pourtant cette biomasse présenterait des potentialités de croissance équivalentes à la population mâle pour peu qu'on lui impose ce phénotype. De plus, ce sexage ne peut être effectué que sur des animaux d'au moins 20 à 50 grammes (Lazard, 1980 ; Hephher et Pruginin, 1982 ; Mélard, 1986). Par ailleurs, il nécessite bien sûr du temps et de la main d'oeuvre et s'accompagne de 2,7 à 10 % d'erreurs de diagnostic (Lazard, 1980 ; Chervinski et Rothbard, 1982). En ce qui concerne l'hybridation, il s'est avéré extrêmement difficile, dans les conditions de la pratique courante, de maintenir la production de pourcentages très élevés de mâles hybrides de première génération (Pruginin *et al.*, 1975 ; Guerrero, 1982 ; Lovshin, 1982). Cette évolution semble liée à la contamination des souches parentales de géniteurs par des descendants hybrides. Par ailleurs, une possible incompatibilité interspécifique semble à l'origine de mauvais taux de reproduction et de fertilité (Guerrero, 1982 ; Lovshin, 1982 ; Mires, 1982). En revanche, l'inversion hormonale masculinisante s'est révélée être un outil performant et fiable.

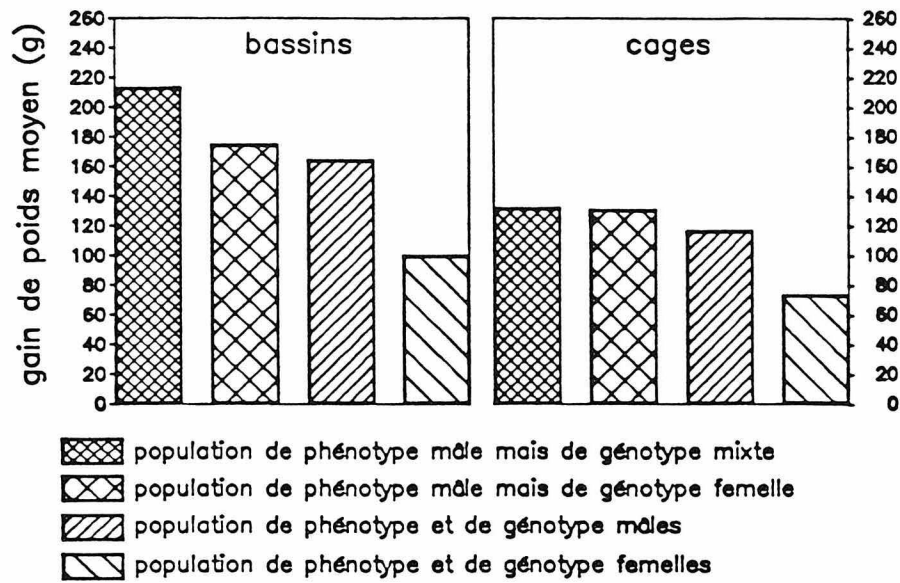


Figure 1 : Croissance comparée en bassins ou en cages de populations monosexes de tilapias (*O. niloticus*), de phénotype mâle ou femelle, mais présentant différents types de génotype sexuel (figure réalisée à partir des données de Hanson *et al.*, 1983).

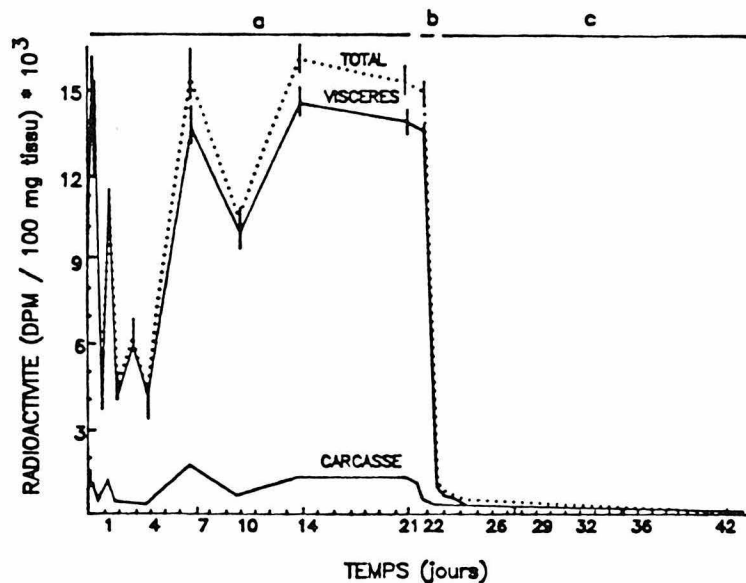


Figure 2 : Radioactivité (DPM/100 mg) présente dans la carcasse, les viscères et l'ensemble du corps d'alevins d'*O. aureus* sexuellement indifférenciés, nourris durant 21 jours avec un aliment contenant de la méthyltestostérone marquée par un traceur radioactif (d'après Goudie *et al.*, 1986).



## L'INVERSION HORMONALE DU SEXE

Depuis les expériences de Yamamoto (1953, 1958 et 1969) sur le médaka, *Oryzias latipes*, des inversions fonctionnelles du sexe ont été réalisées chez de nombreuses espèces, par un traitement hormonal appliqué précocement (revue de Hunter et Donaldson, 1983).

La méthode la plus directe, quelle que soit l'espèce, consiste à masculiniser une population d'alevins en incorporant un stéroïde de synthèse dans l'alimentation. De nombreux auteurs ont effectivement obtenu une efficacité de 100 % chez des tilapias avec ce type de traitement, malgré une grande hétérogénéité des conditions expérimentales (tableau 1). Néanmoins, à la fiabilité et à la simplicité de cette technique sont parfois opposés les inconvénients liés à l'utilisation des hormones sur des animaux destinés directement à la consommation humaine (Shelton *et al.*, 1978 ; Johnstone *et al.*, 1983, Goudie *et al.*, 1986a et b). L'emploi expérimental, chez *Oreochromis aureus*, des mêmes stéroïdes marqués par un traceur radioactif a permis de constater que les viscères contiennent 90 % de la radioactivité totale présente dans l'alevin en cours de traitement (fig. 2). Après l'arrêt de celui-ci, la radioactivité totale mesurée dans l'animal entier a diminué de 90 % en 24 heures et de 99 % en 3 semaines (Goudie *et al.*, 1986a). Néanmoins, si le métabolisme des stéroïdes de synthèse suit chez les vertébrés supérieurs des voies similaires à celles empruntées par les hormones endogènes équivalentes (Fotherby et James, 1972), en revanche on connaît mal le devenir de telles molécules chez les poissons et les éventuels effets de leurs produits de dégradation sur l'environnement. Compte tenu de ces inconnues, il est possible d'envisager une approche indirecte qui permet de s'en libérer.

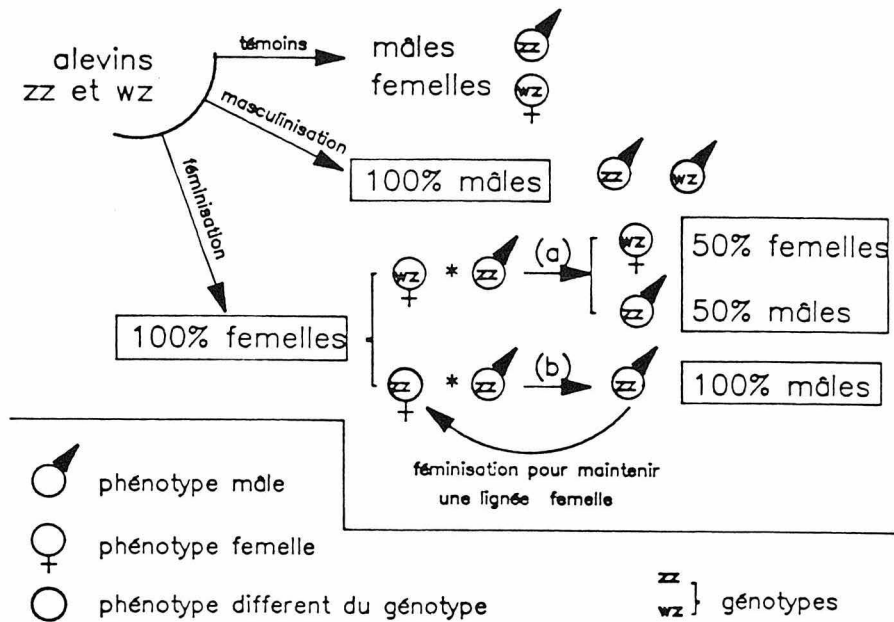
Les espèces à hétérogamétie femelle WZ (Chen, 1969) constituent le cas de figure le plus simple (fig. 3) : après inversion par des hormones féminisantes, un testage permet d'identifier les néo-femelles d'après le sex-ratio de leur descendance. En effet, une néo-femelle ZZ, croisée avec un mâle non traité ZZ (a) conduit à la production de 100 % d'animaux de phénotype mâle ; le croisement classique (b) d'une femelle WZ par un mâle non traité ZZ produit quant à lui, 50 % de chacun des sexes. Les individus inversés ZZ peuvent donc être isolés pour servir de géniteurs. A chaque reproduction avec des mâles non traités de la même espèce, ils fourniront donc au pisciculteur des populations monosexes mâles.

Avec les espèces à homogamétie femelle XX (fig. 4), comme *Oreochromis niloticus* (Jalabert *et al.*, 1974) ou *O. mossambicus* (Hickling, 1960 ; Chen, 1969), une étape supplémentaire est nécessaire à l'obtention d'un résultat équivalent : le testage des femelles issues du traitement hormonal précoce conduit à deux types de sex-ratio : l'un d'eux (a) est classique, composé de 50 % de chacun des sexes et correspond à la descendance d'animaux de génotype femelle XX. Le second (b) qui comprend 75 % de mâles pour 25 % de femelles, résulte du croisement d'une néo-femelle XY par un mâle non traité XY. Parmi ces 75 % de mâles figurent des individus YY que l'on identifie lors d'un nouveau testage (c) par leur descendance monosexisme mâle. Ces animaux d'un génotype nouveau, viables et fertiles (Baroiller, données non publiées) peuvent être utilisés comme géniteurs produisant à chacune de leurs reproductions avec des femelles non traitées, des populations 100 % mâles. L'inversion du sexe par voie hormonale reste donc un outil essentiel et nécessaire dans de telles approches indirectes du monosexisme.

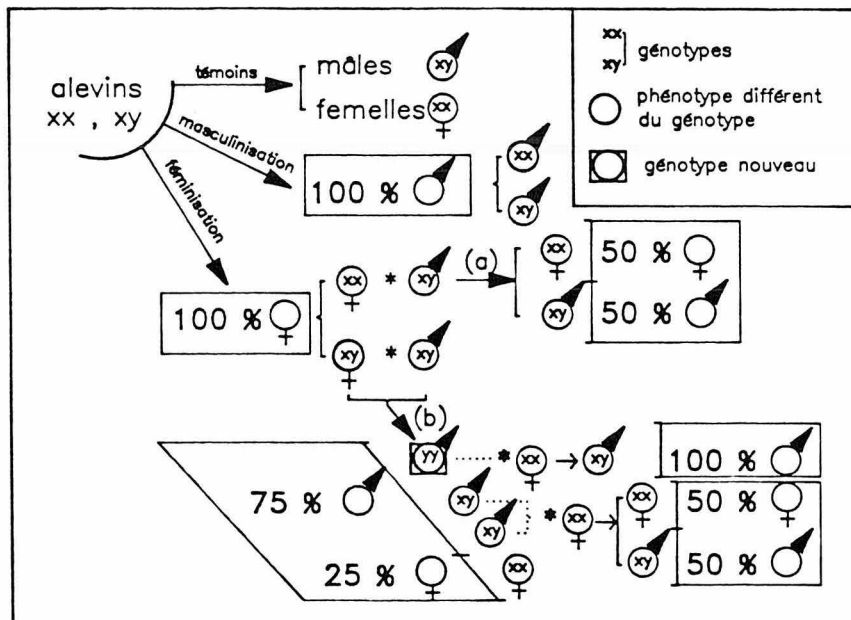
**Tableau 1 :** Traitements masculinisants (stéroïdes de synthèse administrés dans l'aliment des alevins) ayant permis d'obtenir 100 % de mâles chez *Oreochromis*.

Espèce	Age ou taille	Dose mg/kg dans l'aliment	Durée (jours)	Mortalité %	Température (C°)	% de M* chez les témoins	ST	Auteurs
<i>O. mossambicus</i>	7-10 jours	10 30 40	69	36-92	27 puis 20	62-77	MT	Clemens et Isnlee, 1968
<i>O. niloticus</i>	Résorption de la vésicule	40	60	47	30-32	56	MT	Jalabert <i>et al.</i> , 1974
	9-12 mm	30 60	35,49,23 35,59	4-33	20-26	50-54	ET,MT ET,MT	Tayamen et Shelton, 1978
	8,5-12 mm 13,2-20,2mm	50, 100 100	30		27-30	60-72	MT	Nakamura et Iwahashi, 1982
	10 mm	50	28-42	2-53		78	MT	Owusu-Frimpong et Nyhjar, 1981
<i>O. aureus</i>	9-11 mm	60	21	6-22	21	56	ET	Guerrero, 1975
	9,5 - 10,5 mm	60	21, 23	< 10	25-32	45-56	ET	Shelton <i>et al.</i> , 1981
	9-11 mm	60, 90 120,240	22	28-44	27-32	45	ET	Mc Geachin <i>et al.</i> , 1987
<i>O. hornorum</i>	9-11 mm	30	21 ou 28	0-18	27	53	MT	Obi et Shelton, 1983

ST : nature du traitement stéroïdien  
 MT : 17 -Méthyltestosterone  
 ET : 17 -Ethynyltestosterone  
 \*M : Mâle



**Figure 3 :** Protocole théorique d'obtention de populations monosexes chez des espèces à homogamétie mâle comme *O. aureus* et *O. hornorum* (d'après Baroiller, 1988).



**Figure 4 :** Protocole théorique d'obtention de populations monosexes chez des espèces à homogamétie femelle comme *O. niloticus* et *O. mossambicus*.

Certains obstacles peuvent cependant limiter l'extension de cette technique, comme le caractère parfois irrégulier du pourcentage de monosex obtenu (Hunter et Donaldson, 1983) et une moindre efficacité de la féminisation par rapport à la masculinisation (Tayamen et Shelton, 1978 : Hopkins *et al.*, 1979).

Les résultats parfois médiocres des féminisations pourraient provenir soit de l'utilisation d'hormones ne correspondant pas à celles impliquées *in vivo* dans la différenciation du sexe de la gonade (mettant ainsi en cause la nature du stéroïde ou même de la molécule à administrer), soit d'un mauvais choix du moment ou de la durée du traitement. En effet, aucune preuve physiologique déterminante n'a confirmé jusqu'à présent l'hypothèse de Yamamoto (1969) selon laquelle les stéroïdes seraient les inducteurs naturels de la différenciation gonadique. La modification du processus naturel de la différenciation sexuelle par des stéroïdes exogènes pourrait être due à une action pharmacologique comme le suggère Reinboth (1970). Mais si des stéroïdes sont effectivement les inducteurs endogènes, il est important de connaître la nature de ceux qui sont impliqués dans des conditions physiologiques.

#### LA DIFFERENCIATION GONADIQUE DU SEXE

Chez les poissons gonochoriques, de très rares travaux ont abordé le problème de la stéroïdogénèse précoce pendant la différenciation gonadique du sexe, comme chez *Salmo gairdneri* (Van den Hurk *et al.*, 1982) et les tilapias (Rothbard *et al.*, 1987 ; Baroiller *et al.*, 1988). Des potentialités stéroïdogènes peuvent être mises en évidence dans des gonades encore histologiquement indifférenciées d'*O. niloticus*, par histochimie et par l'étude du métabolisme *in vitro* (Baroiller, 1988). Au moment de l'initiation de la différenciation et au cours de son déroulement, des métabolites spécifiques de chaque sexe sont identifiés. Ceux-ci ne correspondent pas systématiquement à ceux utilisés dans les traitements classiques d'inversion hormonale du sexe, et le schéma selon lequel des androgènes (comme la testostérone) ou des oestrogènes seraient respectivement responsables de la différenciation testiculaire ou ovarienne n'est pas toujours conforté par ces résultats : la testostérone est par exemple identifiée précocement aussi bien dans les gonades femelles que dans les gonades mâles.

Dès lors, une meilleure connaissance de l'environnement endocrinien de la gonade à ces moments clés pourrait permettre d'envisager une amélioration des techniques de contrôle du sexe, voire même de proposer de nouveaux traitements. En particulier, chez *O. niloticus* comme chez *S. gairdneri*, un dérivé de l'androsténone, la 11 $\beta$ OH $\Delta$ 4, semble spécifique des stades précoces de l'ontogenèse testiculaire. Or ce stéroïde est capable de masculiniser avec une grande efficacité une population normale d'alevins de truite arc-en-ciel (Van den Hurk et Slof, 1981 ; Van den Hurk et Van Oordt, 1985) et permet même l'obtention d'une cohorte 100 % mâle à partir d'une fratrie d'*O. niloticus* génétiquement femelle XX (Baroiller, données non publiées).

L'utilisation d'inhibiteurs de la synthèse de certaines de ces hormones pourrait servir a) *in vitro*, à tester l'hypothèse d'une différenciation femelle résultant de l'absence de stéroïdes clés, spécifiques de l'ontogenèse testiculaire et b) *in vivo*, à rechercher de nouvelles techniques plus fiables permettant notamment la féminisation d'*O. aureus*, et donc la constitution de stocks de néo-femelles ZZ à descendance 100 % mâle, non directement traitée par les hormones.

## **LA GAMETOGENESE**

Chez le tilapia, la gamétogenèse, bien que partiellement décrite (Von Kraft et Peters, 1963 ; Dadzie, 1969 ; Hyder, 1970a et b ; Polder, 1971 ; Hodgkiss et Man, 1978 ; Babiker et Ibrahim, 1979 ; Moreau, 1979 ; Grier et Abraham, 1983 ; Smith et Haley, 1987 et 1988) semble se dérouler selon des modalités équivalentes à celles de la majorité des téléostéens étudiés. Pour l'ensemble de ces espèces, les principales étapes classiques de l'ovogenèse et de la spermatogenèse ayant fait l'objet d'excellentes revues (Hoar, 1969 ; Dodd, 1972 ; Jalabert et Zohar, 1982 ; Billard, 1986), seules les caractéristiques propres aux tilapias seront évoquées dans ce paragraphe.

Les ovules oviformes de tilapia peuvent être classés selon 2 catégories d'après la présence ou l'absence à leur surface d'une substance collante, déposée autour de filaments spécialisés, et provenant de la granulosa. Cette caractéristique est à relier au comportement parental des tilapias. En règle générale, les pondeurs sur substrat (*Tilapia*) possèdent seuls de telles sécrétions, contrairement aux incubateurs buccaux (*Oreochromis* et *Sarotherodon*). Toutefois, deux cas intermédiaires sont particulièrement intéressants pour l'étude de la possible évolution du groupe des pondeurs sur substrat vers celui des incubateurs buccaux : *Sarotherodon galilaeus* qui ne prend pas immédiatement en bouche les oeufs fécondés (Fishelson, 1966) et *Tilapia discolor*, qui transporte dans sa bouche les oeufs pondus dans le nid (avec participation du mâle et de la femelle), pour les déposer et les ventiler ensuite sur substrat dans une zone plus protégée (Owusu-Frimpong, 1987), possèdent tous deux de telles structures adhésives.

Normalement, comme pour d'autres espèces à soin parental développé, les incubateurs buccaux pondent des oeufs bien moins nombreux (plusieurs centaines par reproduction) que ceux des pondeurs sur substrat (plusieurs milliers par fécondation). La taille, le poids et le nombre des oeufs augmentent généralement avec la taille des femelles. Mais à poids égal, si deux individus ont sensiblement un même poids total de ponte, en revanche le nombre d'ovules la constituant peut varier de façon importante (Peters, 1963).

## **RYTHMICITE DE LA REPRODUCTION ET FACTEURS SOCIAUX**

La plasticité de l'âge à la première maturation a déjà été évoquée dans l'introduction. Bien que des facteurs aussi bien génétiques qu'environnementaux aient été incriminés (Hyder, 1970a ; Siddiqui, 1979), le manque d'expérimentations ne permet pas encore de conclure sur la nature du déterminisme de cette puberté.

Une fois celle-ci atteinte, mâles comme femelles sont capables de subir, dans les conditions optimales, des cycles de reproduction successifs tout au long de l'année. Si le rôle des facteurs externes sur la rythmicité de la reproduction et sur l'intensité de la production gamétogénétique reste encore très mal connu, en revanche plusieurs travaux ont très clairement démontré l'importance des facteurs sociaux dans la reproduction de ces cichlidés.

En l'absence de tout stimulus social, une femelle isolée de *S. melanotheron* présente néanmoins des ovipositions associées à une initiation d'incubation buccale, à intervalles de plusieurs mois (Aronson, 1945 et 1951).

Trois types de stimuli sociaux sont généralement mis en cause :

a) - Les géniteurs mâles comme femelles sont capables d'émettre des sons ; néanmoins ceux-ci ne semblent liés à la reproduction que chez le mâle qui les émet depuis son nid (Rodman, 1966 ; Lanzing, 1974), les femelles n'en produisant apparemment que lors des prises de nourriture (Lanzing, 1974). Ces stimuli sonores provenant des mâles suffisent à augmenter la fréquence d'oviposition de femelles d'*O. mossambicus* isolées des autres stimuli (Marshall, 1972).

b) - Les stimuli visuels affectent aussi l'ovulation de femelles matures, puisque chez *O. mossambicus*, celle-ci se produit à une plus grande fréquence que chez des animaux totalement isolés. Il est intéressant de noter que de tels facteurs sont aussi efficaces lorsqu'ils proviennent de mâles que de femelles (Silverman, 1978 a et b).

c) - La femelle mature pourrait émettre une substance de type phéromone, activant le comportement de cour du mâle, déjà stimulé visuellement. En effet, l'activité de cour d'un mâle augmente significativement avec l'approche du moment de la reproduction d'une ou plusieurs femelles matures, présentes dans le même aquarium. Or, il n'en est rien dans le cas de deux aquariums adjacents ne permettant qu'un stimulus visuel et partiellement sonore (Silverman, 1978a et b).

Ces stimuli agissent d'autant plus efficacement qu'ils s'additionnent : les animaux en contact illimité ont une activité de reproduction significativement plus importante que des individus en contact seulement visuel chez *S. melanothron* (Aronson, 1945) comme chez *O. mossambicus* (Silverman, 1978a et b).

Une étude plus fine (Silverman, 1978a et b) associant à ces différents facteurs sociaux une analyse histologique des gonades, montre que les contacts visuels semblent essentiellement accélérer l'ovulation, sans avoir d'influence nette sur la vitesse du développement ovocytaire. Par contre, les stimuli non visuels accélèrent aussi bien l'ovulation que l'incorporation du vitellus, affectant ainsi l'ensemble du développement ovarien. Une meilleure connaissance des phéromones susceptibles d'intervenir lors de la reproduction pourrait permettre d'envisager de mieux regrouper, à défaut de synchroniser, les pontes des géniteurs femelles.

Des facteurs sociaux liés au comportement de reproduction peuvent même jouer indirectement un rôle sur la croissance. Le comportement d'agressivité lié au choix de l'emplacement d'un nid, qui conditionne l'efficacité ultérieure de la cour, est fortement corrélé à la taille relative de mâles d'*O. mossambicus* introduits ensemble dans un même aquarium de grande dimension. Après 24 semaines, les tailles initiales et finales des mâles sont négativement corrélées, sans que soit toutefois remise en cause la hiérarchie acquise initialement quant à l'agressivité et la position du nid. Les mâles les plus agressifs choisissent les "meilleurs" emplacements, et consacrent la plus grande partie de leur temps à défendre leur nid et à se reproduire, aux dépens de leur alimentation. Les mâles les moins agressifs disposent alors d'une plus importante quantité de nourriture, aisément accessible (Turner, 1986). L'impact de l'agressivité relative d'une souche ou d'une espèce sur la variabilité de la croissance d'une population d'élevage reste cependant à démontrer.



## DETERMINISME HORMONAL DU COMPORTEMENT PARENTAL

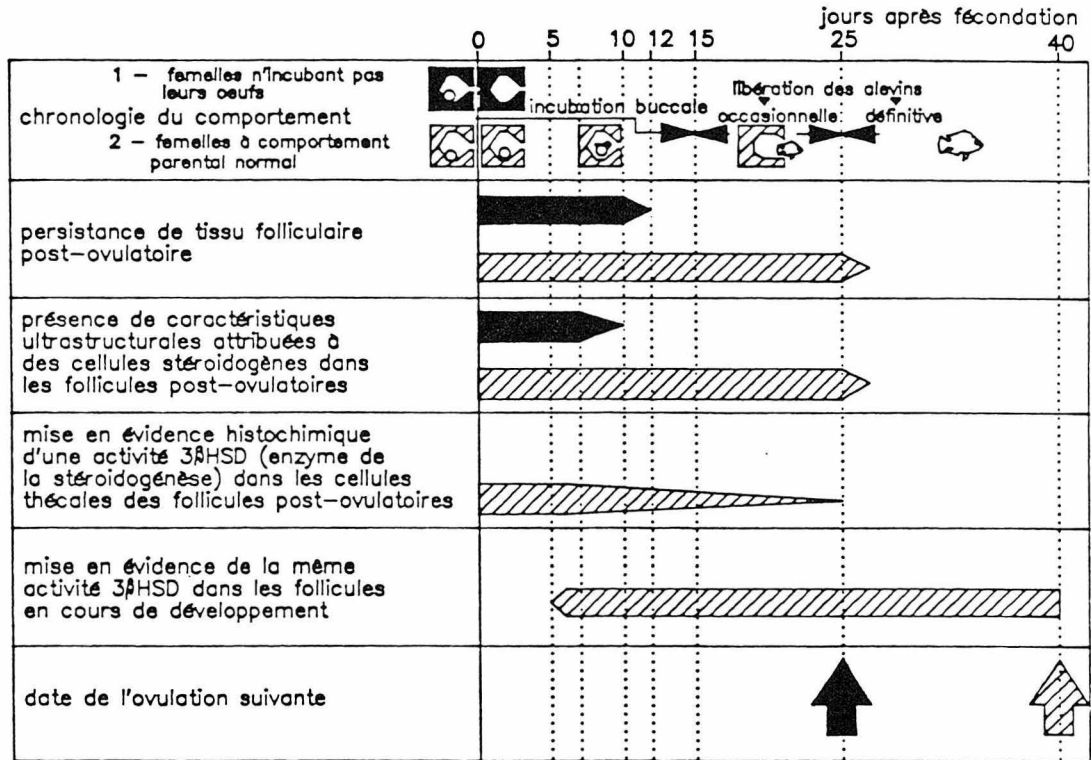
L'efficacité de la reproduction des tilapias tient en grande partie à l'existence de soins parentaux. La connaissance du déterminisme hormonal du comportement parental pourrait conduire à la mise au point de nouvelles techniques de contrôle artificiel de la reproduction. Chez les poissons comme chez les autres vertébrés, l'axe endocrinien hypothalamus-hypophyse-gonade contrôle de nombreux processus aboutissant à la reproduction, et notamment certains processus comportementaux. L'implication possible d'une hormone hypophysaire, la prolactine (PRL), dans la régulation du comportement parental des cichlidés a été mise en évidence. Mais, curieusement, les tilapias n'ont pas encore fait l'objet de telles études, malgré leur large palette évolutive de soins parentaux, des pondeurs sur substrat aux incubateurs buccaux. Chez de nombreux cichlidés, la fécondation est en effet rapidement suivie d'une ventilation de la ponte par des mouvements alternatifs des nageoires pectorales, dirigée précisément vers le groupe d'oeufs. En l'absence de tout stimulus externe naturel comme la présence d'oeufs ou d'un nid, l'injection de PRL ovine est capable d'induire mais aussi de maintenir ce comportement, associé à une nette diminution de l'agressivité et le l'appétit. Son intensité dépend de la dose de PRL administrée. A partir d'une dose seuil minimale et jusqu'à une valeur moyenne, la durée et l'intensité de la ventilation augmentent fortement, puis si les doses sont encore accrues, une inhibition progressive de ce comportement apparaît jusqu'à son blocage. Quatre cichlidés au moins répondent ainsi à l'injection de PRL ovine : *Symphysodon aequifasciata axelrodi*, *Pterophyllum scalare* et *Aequidens pulcher* (Blüm et Fiedler, 1965 ; Blüm, 1966) ainsi que *Chromis chromis* (donnée non publiée, citée par Blüm, 1968). Un labridé, *Crenilabrus ocellatus*, avait d'ailleurs déjà présenté une telle réponse à la PRL (Fiedler, 1962). Bien qu'aucun essai ne semble avoir été effectué chez des tilapias, une PRL de tilapia a été isolée et purifiée (Blüm, 1973) grâce à la caractérisation de son activité biologique chez le Discus (*Symphysodon sp.*) par son action sur le comportement parental et son effet "histiotropique" (augmentation du nombre de cellules à mucus destiné chez ce cichlidé à nourrir sa progéniture).

La PRL de tilapia, isolée et purifiée aujourd'hui sur la base de critères biochimiques, mériterait donc d'être testée sur tilapias pour rechercher son effet éventuel sur le comportement des pondeurs sur substrat ou des incubateurs buccaux.

Une meilleure connaissance du déterminisme hormonal de ce comportement pourrait sans doute permettre, à terme, de chercher à retarder, voire même à bloquer le développement ovarien, ou encore d'inhiber tout soin parental pour éviter la prolifération des alevins.

En effet, une étude récente (Smith et Haley, 1987) met en relation la durée de l'incubation buccale des oeufs puis des alevins d'*O. mossambicus*, avec la durée du cycle ovarien (fig. 5). Chez *O. mossambicus* l'incubation normale se déroule de façon continue jusqu'au 15ème jour environ post-fécondation (P.F.) à 27 °C, puis la garde en bouche est discontinuée pendant une période supplémentaire de 10 jours (jusqu'au 25ème jour P.F.), les alevins nageant proches de leur mère, jusqu'au moindre signal de sa part les regroupant instantanément dans sa cavité buccopharyngienne. Dans quelques cas, la mère rejette cependant les oeufs dès le lendemain de la fécondation. Cette dernière situation peut également être provoquée en retirant la ponte de la bouche maternelle, dès 1 jour P.F. Une étude histologique montre que le tissu folliculaire post-ovulatoire forme une structure qui évolue différemment dans ces deux types de situation. Dix jours après le retrait ou la perte des oeufs, cette structure commence à dégénérer et disparaît rapidement ; en revanche, elle reste présente jusqu'au 25ème jour P.F. chez les femelles incubatrices. Cette masse cellulaire peut être comparée, dans une certaine mesure, au corps jaune présent chez les mammifères : on y retrouve en effet, à ce moment du cycle, les principales caractéristiques classiques ultrastructurales et histochimiques des cellules productrices de stéroïdes. Ces potentialités stéroïdogènes sont observées tant que persiste ce tissu, puis les follicules en développement de la vague ovocytaire suivante montrent rapidement une activité potentielle d'abord équivalente vers le 6ème jour P.F., et même ensuite supérieure à celle des follicules post-ovulatoires.





**Figure 5 :**

Durée du cycle ovarien et évolution des caractéristiques cytologiques et histochimiques des follicules, selon le caractère normal ou non du déroulement de l'incubation buccale chez *O. mossambicus* (représentation schématique des observations de Smith et Haley, 1987).

L'évolution de l'ovaire est rapide chez les femelles qui n'incubent pas, aboutissant à une ovulation 25 jours après la fécondation précédente, et se caractérise au contraire par un cycle plus lent avec ovulation 40 jours après la fécondation chez les femelles à comportement normal. Le soin parental est donc associé à une inhibition de 15 jours du développement ovocytaire, la présence d'oeufs puis d'alevins dans la cavité buccopharyngienne semblant conditionner la persistance du follicule post-ovulatoire, ses sécrétions, ainsi que le déroulement de l'ovogenèse. Les mêmes auteurs (Smith et Haley, 1988) mettent en évidence un décalage entre les profils endocriniens plasmatique de l'oestradiol-17 $\beta$  et de la testostérone de ces deux catégories d'animaux, avec un retard de 5 jours environ chez les femelles incubatrices pour atteindre des niveaux plasmatiques comparables à ceux des femelles non incubatrices.

Il peut être envisagé de simuler de telles situations, par l'utilisation de stéroïdes appropriés, pour chercher à inhiber le développement ovarien, ou au contraire à perturber le comportement parental. En effet, si l'on cherche généralement à éviter toute reproduction chez les tilapias en élevage pour éviter surpopulation et nanisme, il est également fortement souhaitable de pouvoir contrôler la production massive d'alevins d'âge et taille homogènes. La production de telles cohortes homogènes présenterait un réel intérêt pour résoudre deux problèmes classiques de production commerciale :

- Si l'on souhaite obtenir des populations monosexes par inversion hormonale, l'une des conditions nécessaires pour que le traitement soit efficace est qu'il soit mené sur des groupes d'alevins d'âge homogène. En l'absence de reproduction synchronisée, il est actuellement nécessaire de disposer de très nombreux géniteurs, de récolter régulièrement les groupes hétérogènes d'alevins ainsi produits et éventuellement de trier d'après leur taille ceux qui pourront être soumis au traitement d'inversion.
- L'absence de synchronisation conduit, dans certains types d'élevage, à n'effectuer le premier prélèvement d'alevins qu'après une période de 1,5 à 2 mois où l'on obtient classiquement le plus grand nombre d'alevins. Toutefois, du fait du comportement de nage en surface des jeunes alevins ainsi que du mode de prélèvement, les individus nés le plus tôt (1 à 2 semaines après l'introduction des géniteurs) peuvent échapper à cette première pêche. Or beaucoup plus que les géniteurs, les juvéniles constituent des prédateurs très efficaces des portées plus jeunes. Il s'ensuit alors dans les récoltes suivantes, une diminution progressive de rendement au sein d'une même structure de production d'alevins (Lazard *et al.*, 1988) (fig. 6). L'augmentation parallèle du poids moyen des alevins pêchés traduit en fait la capture partielle des juvéniles prédateurs, capturés en totalité lors de la vidange finale (6ème prélèvement).

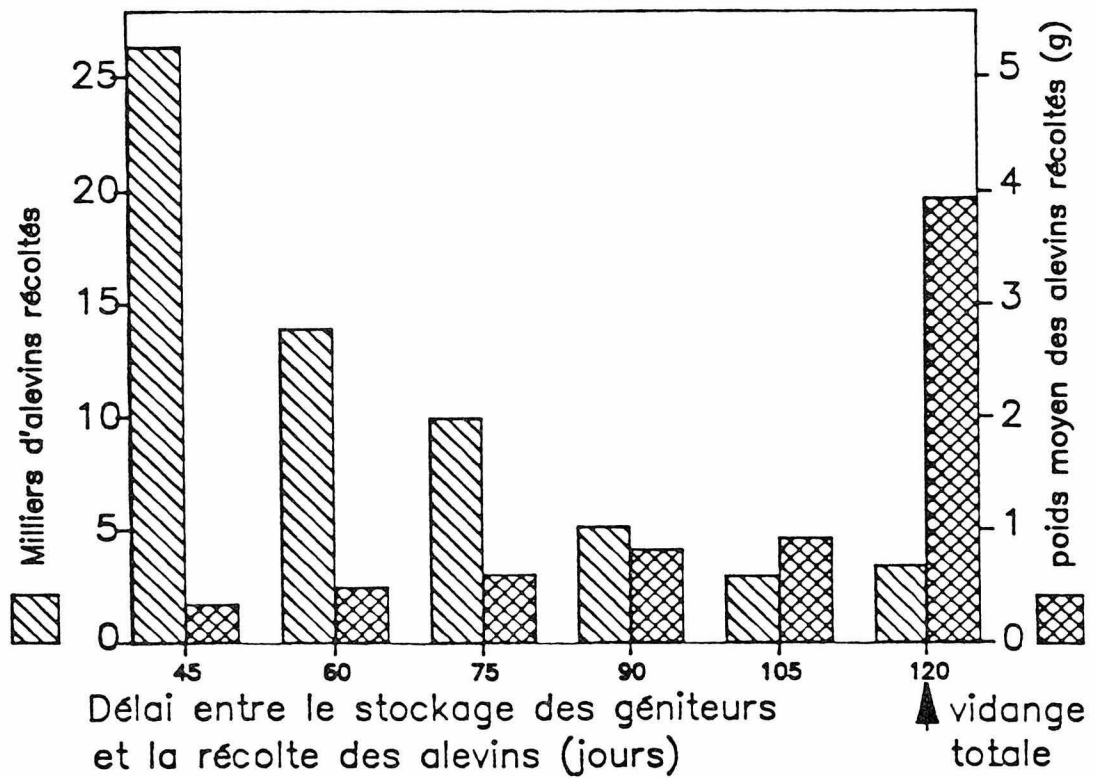


Figure 6 : Evolution du nombre et du poids moyen des alevins d'*O. niloticus* pêchés au cours de récoltes successives. Résultat moyen de dix étangs de 350 m<sup>2</sup>, contenant chacun 60 mâles et 180 femelles (figure réalisée à partir des données de Lazard *et al.*, 1988).

## **CONCLUSION**

L'étude de la physiologie de la reproduction des tilapias permet à l'heure actuelle de dégager deux grands axes de recherche susceptibles d'aboutir à un meilleur contrôle de la reproduction :

- L'inversion hormonale du sexe reste actuellement la voie royale pour éviter toute reproduction et bénéficier de plus du potentiel de croissance de tous les individus orientés directement ou non vers un phénotype mâle. L'approche relativement empirique conduite jusqu'ici a permis de déboucher rapidement sur des traitements masculinisants efficaces. Toutefois, l'utilisation indirecte des hormones nécessite aujourd'hui une étude fine du déterminisme endocrinien de la différenciation, puisque la féminisation qui en est l'outil fondamental n'est que très médiocrement réalisable. De plus, une meilleure connaissance de l'environnement hormonal de la gonade lors de sa différenciation devrait permettre d'envisager de nouveaux types de traitement, tels que l'utilisation d'inhibiteurs spécifiques d'activité enzymatique. De telles études permettraient en outre d'analyser finement l'influence de facteurs épigénétiques éventuels sur la différenciation.
- La nature et l'importance des comportements reproducteurs chez les tilapias sont en grande partie responsables de l'efficacité de leur reproduction. On peut donc penser qu'une meilleure compréhension du déterminisme de ces comportements serait susceptible d'apporter de nouveaux moyens de contrôle. L'inhibition naturelle du développement ovarien pendant l'incubation buccale, ainsi que l'existence vraisemblable de phéromones sans doute associées au comportement précédant la reproduction et responsables de l'initiation de mécanismes physiologiques aboutissant à l'ovulation, suggèrent de nouvelles approches pour maîtriser la reproduction et aboutir éventuellement à la synchronisation des femelles.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ARONSON L.R., 1945. Influence of the stimuli provided by the male cichlid fish *T. macrocephala* on the spawning frequency of the female.  
*Physiol. Zool.*, 18, 403-415.

ARONSON L.R., 1951. Factors influencing the spawning frequency in the female cichlid fish *Tilapia macrocephala* (Bleeker).  
*Trans. N. Y. Acad. Sci.*, 2, 33-42.

ARRIGNON J., 1969. L'élevage de *Tilapia mossambica* comme animal de laboratoire.  
*Verh. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.*, 17, 650-661.

BABIKER M. M. et H. IBRAHIM, 1979. Studies on the biology of reproduction in the cichlid *Tilapia nilotica* (L.) : gonadal maturation and fecundity.  
*J. Fish. Biol.*, 14, 437-448.

BARD J., P. DE KIMPE, J. LEMASSON et P. LESSENT, 1974. Manuel de pisciculture tropicale.  
CTFT, Nogent-sur-Marne, 209 p.

BAROILLER J.F., 1988. Etude corrélée de l'apparition des critères morphologiques de la différenciation de la gonade et de ses potentialités stéroïdogènes chez *Oreochromis niloticus*.  
In : *Thèse Doctorat, Université P. et M. Curie, Paris*, 70 p.

BAROILLER J. F., A. FOSTIER et B. JALABERT, 1988. Precocious steroidogenesis in the gonads of *Oreochromis niloticus* during and after sexual differentiation.  
In : *Reproduction in fish. Basic and applied aspects in endocrinology and genetics*, Y. Zohar and B. Breton Eds., *Les Colloques de l'INRA*, 44, 137-141.

BILLARD R., 1986. Spermatogenesis and spermatology of some teleost fish species.  
*Reprod. Nutr. Develop.*, 26, 877-920.

BLÜM V., 1966. Zur hormonalen Steuerung der Brutpflege einiger cichliden.  
*Zool. Jb. Physiol.*, 72, 264-294.

BLÜM V., 1968. Immunological determination of injected mammalian prolactin in cichlid fishes.  
*Gen. Comp. Endocrinol.*, 11, 595-602.

BLÜM V., 1973. Experimente mit teleosteen Prolaktin.  
*Zool. Jahrb. (Allg. Zool. Physiol. Tiere)*, 77, 335-347.

BLÜM V. et K. FIEDLER, 1965. Hormonal control of reproductive behavior in some cichlid fish.  
*Gen. Comp. Endocrinol.*, 5, 186-196.

BRUTON M. N. et B. R. ALLANSON, 1974. The growth of *Tilapia mossambica* Peters (Pisces : Cichlidae) in L. Sibaya, S. Africa.  
*J. Fish Biol.*, 6, 701-715.

- BRUTON M. N. et R. E. BOLTT, 1975. Aspects of the biology of *Tilapia mossambica* Peters (Pisces : Cichlidae) in a natural freshwater lake (lake Sibaya, South Africa).  
*J. Fish Biol.*, 7, 423-446.
- CHEN F. Y., 1969. Preliminary studies on the sex-determining mechanism of *Tilapia mossambica* Peters and *T. hornorum* Trewavas.  
*Verh. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.*, 17, 719-724.
- CHERVINSKI J. et S. ROTHBARD, 1982. An aid in manually sexing tilapia.  
*Aquaculture*, 26, 389.
- CLEMENS H. P. et T. INSLEE, 1968. The production of unisexual broods by *Tilapia mossambica* sex reversed with methyltestosterone.  
*Trans. Am. Fish. Soc.*, 97, 18-21.
- DADZIE S., 1969. Spermatogenesis and the stages of maturation in the male cichlid fish *Tilapia mossambica*.  
*J. Zool.*, 159, 399-403.
- DADZIE S. et B. C. C. WANGILA, 1980. Reproductive biology, length-weight relationship and relative condition of pond raised *Tilapia zillii* (Gervais).  
*J. Fish Biol.*, 17, 243-253.
- DODD J. M., 1972. The endocrine regulation of gametogenesis and gonad maturation in fishes.  
*Gen. Comp. Endocrinol., Suppl.*, 3, 675-687.
- EYESON K. N., 1983. Stunting and reproduction in pond-reared *Sarotherodon melanotheron*.  
*Aquaculture*, 31, 257-267.
- FIEDLER K., 1962. Die Wirkung von Prolaktin auf das Verhalten des lippfishes *Crenilabus ocellatus* (Forsk.)  
*Zool. Jb. Physiol.*, 69, 609-620.
- FISHELSON L., 1966. Cichlidae of the genus *Tilapia* in Israel.  
*Bamidgeh*, 18, 67-80.
- FOTHERBY K. et F. JAMES, 1972. Metabolism of synthetic steroids.  
*In : Advances in steroid biochemistry and pharmacology*, M. H. Briggs and G. A. Christie Eds. Vol. 3. Academic Press, New York, 67-165.
- FRYER G. et T. D. ILES, 1972. The cichlid fishes of the great lakes of Africa : their biology and evolution.  
*Oliver and Boyd, Edingburgh*, 641 p.
- GOUDIE C. A., W. L. SHELTON et N. C. PARKER, 1986a. Tissue distribution and elimination of radiolabelled methyltestosterone fed to sexually indifferentiated blue Tilapia.  
*Aquaculture*, 58, 215-226.
- GOUDIE C. A., W. L. SHELTON et N. C. PARKER, 1986b. Tissue distribution and elimination of radiolabelled methyltestosterone fed to adult blue tilapia.  
*Aquaculture*, 58, 227-240.

- GRIER J. H. et M. ABRAHAM, 1983. A model for testicular recrudescence in *Oreochromis aureus*.  
*In : Proceedings of the International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, L. Fishelson and Z. Yaron Comps., Tel Aviv University, Tel Aviv, 200-209.
- GUERRERO R. D., 1975. Use of androgens for the production of all-male *Tilapia aurea* (Steindachner).  
*Trans. Am. Fish Soc.*, 2, 342-348.
- GUERRERO R. D., 1982. Control of Tilapia reproduction.  
*In : The biology and culture of Tilapia*, R.S.V. Pullin and R. H. Lowe-McConnell Eds., ICLARM Conf. Proc., 7, 309-316.
- HANSON T. R., R. O. SMITHERMAN, W. L. SHELTON et R. A. DUNHAM, 1983. Growth comparison of monosex tilapia produced by separation of sexes, hybridization and sex reversal.  
*In : Proceedings of the International Symposium on Tilapia in Aquaculture*. L. Fishelson and Z. Yaron Comps., Tel Aviv University, Tel Aviv, 570-579.
- HEPHER B. et Y. PRUGININ, 1982. Tilapia culture in ponds under controlled conditions.  
*In : The biology and culture of tilapias*, R.S.V. Pullin and R. H. Lowe - McConnell Eds., ICLARM Conf. Proc., 7, 185-203.
- HICKLING C.F., 1960. The Malacca Tilapia hybrids.  
*J. Genet.*, 57, 1-10.
- HICKLING C. F., 1968. Fish hybridization.  
*FAO Fish Rep.*, 44, 1-11.
- HOAR W. S., 1969. Reproduction.  
*In : Fish Physiology*, W. S. Hoar and D. J. Randall Eds., Vol. A3, Academic Press, New York, 1-72.
- HODGKISS I. J. et H. S. H. MAN, 1978. Reproductive biology of *Sarotherodon mossambicus* (Cichlidae) in Plover Cove reservoir, Hong Kong.  
*Environ. Biol. Fish.*, 3, 287-292.
- HOPKINS K. D., W. L. SHELTON et C. R. ENGLE, 1979. Estrogen sex reversal of *Tilapia aurea*.  
*Aquaculture*, 18, 263-268.
- HUNTER G. A. et E. M. DONALDSON, 1983. Hormonal sex control and its application to fish culture.  
*In : Fish Physiology*, W.S. Hoar, D.J. Randall and E.M. Donaldson Eds., Vol. 98, Academic Press, New York, 223-303.
- HYDER M., 1970a. Gonadal and reproductive patterns in *Tilapia leucosticta* (Teleostei : Cichlidae) in an equatorial lake : Lake Naivaska (Kenya).  
*J. Zool.*, 162, 179-195.
- HYDER M., 1970b. Histological studies on the testes of pond specimens of *Tilapia nigra* (Gunther) (Pisces : Cichlidae) and their implications on the pituitary testis relationship.  
*Gen. Comp. Endocrinol.*, 14, 198-211.



JALABERT B., J. MOREAU, P. PLANQUETTE et R. BILLARD, 1974. Déterminisme du sexe chez *Tilapia macrochir* et *Tilapia nilotica*. Action de la méthyltestostérone dans l'alimentation des alevins sur la différenciation sexuelle : proportion des sexes dans la descendance des mâles "inversés". *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.*, 14 (4B), 729-739.

JALABERT B. et Y. ZOHAR, 1982. Reproductive physiology in cichlid fishes with particular reference to *Tilapia* and *Sarotherodon*.  
*In : The biology and culture of tilapias, R. S. V. Pullin and R. H. Lowe-McConnell Eds., ICLARM Conf. Proc.*, 7, 129-140.

JOHNSTONE R., D. J. MACINTOSH et R. S. WRIGHT, 1983. Elimination of orally administered 17- $\alpha$  methyltestosterone by *Oreochromis mossambicus* (tilapia) and *Salmo gairdneri* (rainbow trout) juveniles. *Aquaculture*, 35, 249-257.

LANZING W. J. R., 1974. Sound production in the cichlid *Tilapia mossambica* Peters.  
*J. Fish. Biol.*, 6, 341-347.

LAZARD J., 1980. Le développement de la pisciculture intensive en Côte d'Ivoire. Exemple de la ferme piscicole pilote de Natio-Kobadara (Korhogo).  
*Notes et Documents sur la Pêche et la Pisciculture*, 21, 1-44.

LAZARD J., 1984. L'élevage du tilapia en Afrique. Données techniques sur sa pisciculture en étangs.  
*Bois et Forêts des Tropiques*, 206, 33-50.

LAZARD J., P. MORISSENS et P. PARREL, 1988. Artisanal aquaculture of tilapia in West Africa : comparative analysis of different culture systems and their development level.  
*In : Proceedings of the Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture, R.S.V. Pullin, T. Bhukaswan, K. Tongutahi and J.L. Maclean Eds., ICLARM Conf. Proc.*, 15, 41-52.

LEGENDRE M., 1986. Influence de la densité de l'élevage monosexé et de l'alimentation sur la croissance de *Tilapia guineensis* et de *Sarotherodon melanotheron* élevés en cage enclos en lagune Ebrié (Côte d'Ivoire).  
*Rev. Hydrobiol. Trop.*, 19, 19-29.

LOVSHIN L. L., 1982. Tilapia hybridization.  
*In : The biology and culture of tilapias, R. S. V. Pullin and R. H. Lowe-McConnell Eds., ICLARM Conf. Proc.*, 7, 279-308.

LOWE-McCONNELL R. H., 1958. Observations on the biology of *Tilapia nilotica* L. in East African waters.  
*Rev. Zool. Bot. Africa*, 57, 129-170.

LOWE-McCONNELL R. H., 1959. Breeding behavior patterns and ecological differences between *Tilapia* species and their significance for evolution within the genus *Tilapia* (Pisces : Cichlidae).  
*Proc. Zool. Soc. London*, 132, 1-30.

LOWE-McCONNELL R. H., 1982. Tilapia in Fish Communities.  
*In : The biology and culture of tilapias, R.S.V. Pullin and R. H. Lowe-McConnell Eds., ICLARM Conf. Proc.*, 7, 83-113.

- LOYA L. et L. FISHELSON, 1969. Ecology of fish breeding in brackish water ponds near the Dead Sea (Israel).  
*J. Fish. Biol.*, 1, 261-278.
- McBAY L. G., 1961. The biology of *Tilapia nilotica* (Linnaeus).  
*Proc. Annu. Conf. South-East Assoc. Game Fish Comm.*, 15, 208-218.
- McGEACHIN R. B., E. H. ROBINSON et W. H. NEIL, 1987. Effect of feeding high levels of androgens on the sex-ratio of *Oreochromis aureus*.  
*Aquaculture*, 61, 317-321.
- MARSHALL J. A. 1972. Influence of male sound production on oviposition in female *Tilapia mossambica* (Pisces : Cichlidae).  
*Bull. Ecol. Soc. Am.*, 53, 29.
- MELARD C., 1986. Recherches sur la biologie d'*Oreochromis (tilapia) niloticus* L. (Pisces : Cichlidae) en élevage expérimental : reproduction, croissance, bioénergétique.  
*Cah. Ethol. Appl.*, 6, 1-224.
- MELARD C. et J. C. PHILIPPART, 1981. La production de tilapia de consommation dans les rejets industriels de l'eau chaude en Belgique.  
*Cah. Ethol. Appl.*, 1 (suppl.2), 7-122.
- MIRES D., 1982. A study of the problems of the mass production of hybrid Tilapia fry.  
*In : The biology and culture of tilapias, R. S. V. Pullin and R. H. Lowe-McConnell Eds., ICLARM Conf. Proc.*, 7, 317-329.
- MOREAU J., 1979. Biologie et évolution des peuplements de cichlidés (Pisces) introduits dans les lacs malgaches d'altitudes.  
*Thèse Doctorat, Institut National Polytechnique, Toulouse*, 301 p.
- NAKAMURA M. et M. IWAHASHI, 1982. Studies on the practical masculinization in *Tilapia nilotica* by the oral administration of androgen.  
*Bull. Jap. Soc. Fish*, 48, 763-769.
- OBI A. et W.L. SHELTON, 1983. Androgen and estrogen sex-reversal in *Tilapia hornorum*.  
*In : Proceedings of the International Symposium on Tilapia in Aquaculture, L. Fishelson and Z. Yaron Comps., Tel-Aviv University, Tel-Aviv*, , 165-173.
- OWUSU-FRIMPONG M., 1987. Breeding behavioral pattern of the lake fish *Tilapia discolor* Gunther (Teleostei : Cichlidae) in captivity.  
*J. Fish. Biol.*, 30, 1-5.
- OWUSU-FRIMPONG M., et B. NYJHAR, 1981. Induced sex-reversal in *Tilapia nilotica* (Cichlidae) with méthyltestosterone.  
*Hydrobiologia*, 78, 157-160.
- PERRONE M. et T. M. ZARET, 1979. Parental care patterns of fishes.  
*Amer. Nat.*, 113, 351-361.

PETERS H. M., 1963. Eizahl, Eigewicht und Gelegeentwicklung in der Gattung *Tilapia* (Cichlidae, Teleostei).

*Int. Rev. Gesant. Hydrobiol.*, 48, 547-576.

PHILIPPART J. C. et J. C. RUWET, 1982. Ecology and distribution of tilapias.

*In : The biology and culture of tilapias*, R.S. V. Pullin and R. H. Lowe-McConnell Eds., ICLARM Conf. Proc., 7, 15-59.

POLDER J., 1971. On gonads and reproductive behavior in the cichlid fish *Aequidens portalegrensis* (Hensel).

*Neth. J. Zool.*, 221, 265-365.

PRUGININ J., 1967. Report to the government of Uganda on the experimental fish culture project in Uganda, 1965-1966.

*UNDP/FAO Report* NOTA 2446.

PRUGININ J., S. ROTHBARD, G. WOHLFARTH, A. HALEVY, R. MOAV et G. HULATA, 1975. All male broods of *Tilapia nilotica* x *T. aurea* hybrids.

*Aquaculture*, 6, 11-21.

REINBOTH R., 1970. Intersexuality in fishes.

*Mem. Soc. Endocrinol.*, 18, 515-544.

RODMAN D. T., 1966. Sound production by the African cichlid *Tilapia mossambica*.

*Ichthyologia*, 38, 279-280.

ROTHBARD S., B. MOAV et Z. YARON, 1987. Changes in steroid concentrations during sexual ontogenesis in *Tilapia*.

*Aquaculture*, 61, 59-74.

ROTHBARD S. et Y. PRUGININ, 1975. Induced spawning and artificial incubation of *tilapia*.

*Aquaculture*, 5, 315-321.

RUWET J. C., 1962. La reproduction des *Tilapia macrochir* (Blgr) et *tilapia melanopleura* (Dim.) au lac de barrage de la Lufira (Haut Katanga).

*Rev. Zool. Bot. Afr.*, 66, 244-271.

RUWET J. C., J. VOSS. L. HANON et J. C. MICHA, 1976. Biologie et élevage du tilapia.

*In : Symposium on Aquaculture in Africa*, FAO/CJFA. Tech. Pap., 4 (suppl. 1), 332-364.

SHAW E. S. et L. R. ARONSON, 1954. Oral incubation in *Tilapia macrocephala*.

*Bull. Am. Mus. Nat. Hist.*, 103, 381-415.

SHELL E. W., 1967. Relationship between rate of growth and rate of conversion in feeding trials with two species of tilapia, *Tilapia mossambica*, Peters and *Tilapia nilotica* Linnaeus.

*FAO. Fish. Rep.*, 44, 411-415.

SHELTON W. L., K.D. HOPKINS et G. L. JENSEN, 1978. Use of hormones to produce monosex tilapia for aquaculture.

*In : Culture of Exotic Fishes Symposium Proceedings*, Fish culture section, R. O. Smitherman and W. L. Grover Eds., Am. Fish. Soc., Auburn University, Alabama, 10-33.

- SHELTON W. L., R. D. GUERRERO et J. LOPEZ-MACIAS, 1981. Factors affecting androgen sex reversal of *Tilapia aurea*.  
*Aquaculture*, 25, 59-65.
- SIDDIQUI A. Q., 1979. Reproductive biology of *Tilapia zillii* (Gervais) in Lake Naivaska, Kenya.  
*Environ. Biol. Fishes*, 4, 257-262.
- SILVERMAN H. I., 1978a. Effects of different levels of sensory contact upon reproductive activity of adult male and female *Sarotherodon (Tilapia) mossambicus* (Peters), (Pisces : Cichlidae).  
*Anim. Behav.*, 26, 1081-1090.
- SILVERMAN H. I., 1978b. The effects of visual social stimulation upon age at first spawning in the mouth-brooding cichlid fish *Sarotherodon (Tilapia) mossambicus* (Peters).  
*Anim. Behav.*, 26, 1120-1125.
- SMITH C. J. et S. R. HALEY, 1987. Evidence of steroidogenesis in post ovulatory follicles of the tilapia, *Oreochromis mossambicus*.  
*Cell Tissue Res.*, 247, 675-687.
- SMITH C. J. et S. R. HALEY, 1988. Steroid profiles of the female Tilapia *Oreochromis mossambicus*, and correlation with oocyte growth and mouth-brooding behavior.  
*Gen. Comp. Endocrinol.*, 69, 88-98.
- TAYAMEN M. M. et W. L. SHELTON, 1978. Inducement of sex reversal in *Sarotherodon niloticus*.  
*Aquaculture*, 14, 349-354.
- TURNER G. F., 1986. Territory dynamics and cost of reproduction in a captive population of the colonial nesting mouth-brooder *Oreochromis mossambicus* (Peters).  
*J. Fish. Biol.*, 29, 573-587.
- VAN DEN HURK R., J.G.D. LAMBERT et J. PEUTE, 1982. Steroidogenesis in the gonads of rainbow trout fry *Salmo gairdneri* before and after the onset of gonadal sex differentiation.  
*Reprod. Nutr. Develop.*, 22, 413-426.
- VAN DEN HURK R. et G.A. SLOF, 1981. A morphological and experimental study of gonadal sex differentiation in the rainbow trout, *Salmo gairdneri*.  
*Cell Tissue Res.*, 218, 487-497.
- VAN DEN HURK R. et W. VAN OORDT, 1985. Effects of natural androgens and corticosteroids on gonad differentiation in the rainbow trout, *Salmo gairdneri*.  
*Gen. Comp. Endocrinol.*, 57, 216-222.
- VON KRAFT A. et H. M. PETERS, 1963. Vergleichende Studien über die Oogenese in der Gattung *Tilapia* (Cichlidae, Teleostei).  
*Z. Zellforsch. Mikrosch. Anat.*, 61, 434-485.
- YAMAMOTO T. 1953. Artificially induced sex reversal in genotypic males of the medaka (*Oryzias latipes*).  
*J. Exp. Zool.*, 123, 571-594.

YAMAMOTO T. 1958. Artificial induction of functional sex reversal in genotypic females of the medaka (*Oryzias latipes*).  
*J. Exp. Zool.* 137, 227-262.

YAMAMOTO T., 1969. Sex differentiation.  
*In : Fish Physiology, W. S. Hoar, D. J. Randall and E. M. Donaldson Eds., Academic Press, New York, Vol. 3, 117-175.*

## **PATHOLOGIE DES TILAPIAS**

---

**Christian MICHEL (1)**

### **RESUME**

La pathologie des élevages de tilapias est passée en revue d'après les données bibliographiques disponibles, en essayant de faire ressortir le rôle de l'intensification des techniques dans la physiologie et l'importance des troubles. Les principaux agents pathogènes sont répertoriés mais semblent surtout constituer pour l'heure des menaces potentielles plutôt que des causes primaires de mortalités significatives. Par contre les facteurs d'environnement, l'insuffisance des références zootechniques et la méconnaissance de certains aspects biologiques paraissent responsables de la plus grande part des problèmes actuellement rencontrés. La résolution à court terme de ces problèmes devrait passer par une intensification des recherches génétiques, nutritionnelles et zootechniques.

### **ABSTRACT**

The pathology of farmed tilapias is reviewed from presently available published data. The effects of intensive production systems on the aspects and importance of pathology are outlined. The main pathogenic organisms are recorded. For the moment, these pathogens seem to represent a potential threat, rather than being primary causes of losses. Conversely, environmental factors together with practical errors resulting from a lack of biological and zootechnical data on tilapias, seem to be responsible for most of the difficulties which are encountered. In the short term, intensive research in genetics, nutrition and zootechny should result in significant health improvement for tilapias.

---

(1) Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Laboratoire d'Ichtyopathologie, Station de Virologie et d'Immunologie Moléculaire, 78350 Jouy-en-Josas, France.

## **INTRODUCTION**

Les tilapias représentent un ensemble d'espèces particulièrement bien adaptées aux exigences de l'aquaculture tropicale, dont la rusticité, la tolérance aux variations de certains facteurs de l'environnement et la résistance aux maladies ont été maintes fois exaltées et expliquent le spectaculaire succès à l'échelle mondiale. Pour avantageuses qu'elles soient, ces facultés n'en comportent pas moins des limites, la plus grave étant d'émousser la prudence des éleveurs et de conduire à des pratiques excessives au regard de la capacité d'adaptation des animaux. De fait, si le développement des élevages extensifs de tilapias dans toutes les zones d'eau chaude, a conduit à en faire une production d'importance vitale pour de nombreux pays, les orientations nouvelles tendant à intensifier les conditions d'élevage et à tirer parti des plans d'eau saumâtre, auxquels ces espèces sont censées s'adapter aisément, n'ont pas manqué de susciter des difficultés.

C'est ce que nous essayerons de faire ressortir dans les pages qui suivent, en montrant que tout compte fait, et au point où en sont nos connaissances, la plupart des problèmes présentement rapportés à des phénomènes pathologiques devraient trouver leur solution dans des améliorations technologiques ou zootechniques. Une remarque cependant doit être faite. Contrairement à ce qui s'est passé pour d'autres types de production, et toujours en relation avec le sentiment de sécurité déjà évoqué, le zèle et les travaux des pathologistes n'ont pas suivi l'essor des élevages. Si l'on excepte quelques inventaires de parasites menés sur des populations sauvages et dans les premières unités de production israéliennes (Paperna et Thurston, 1968 ; Sarig, 1971), ainsi que de récentes revues qui prennent surtout acte de nos carences en la matière (Paperna, 1980 ; Roberts et Sommerville, 1982 ; Kabata, 1985), les seules données dont on disposait il y a peu de temps consistaient en descriptions zoologiques d'organismes parasites. Ce n'est que vers 1980 que les premiers essais d'intensification des productions, en Israël et dans le sud-est asiatique, ont conduit à des approches expérimentales encore bien fragmentaires. L'université de Stirling en Ecosse organisait vers la même époque un enseignement d'aquaculture tropicale et apporte actuellement une contribution notable à la progression de notre savoir sur la pathologie des tilapias.

## **INFLUENCE DU TYPE D'ELEVAGE SUR LES ASPECTS GENERAUX DE LA PATHOLOGIE.**

Tous les manuels de pathologie des poissons s'accordent à définir la maladie comme une rupture d'équilibre dans les relations de trois protagonistes, à savoir le poisson, un agent pathogène, et l'environnement dans lequel ils évoluent, ce dernier étant souvent considéré comme le plus significatif. Nous n'y reviendrons pas. Il reste que si les deux premiers ne sont pas trop difficiles à appréhender, l'environnement constitue une entité complexe, mettant en jeu de multiples interactions, et qui doit être envisagée au sens large, en prenant en compte tous les paramètres susceptibles d'exercer une influence sur les organismes qui s'y meuvent. Autant dire que la connaissance précise de l'environnement reste illusoire, *a fortiori* son contrôle absolu. Cependant si certaines modifications du milieu trouvent leur origine dans des phénomènes naturels il en existe d'autres qui sont directement liées à l'activité humaine et l'on conçoit que ces dernières, pour peu qu'elles soient correctement identifiées, puissent faire l'objet des corrections appropriées.

En outre certains paramètres, comme la température, le pH, l'oxygénation, les gaz dissous, la turbidité et la minéralisation de l'eau, revêtent une importance spéciale pour la physiologie des poissons, et il sera possible de prendre en compte ces facteurs pour aboutir à un descriptif qui, faute d'être complet, aura au moins une valeur pratique. Comme l'intensification des élevages n'est rien moins qu'une simplification des écosystèmes associée à une augmentation de l'importance critique de ces mêmes facteurs, on voit qu'il ne s'agit pas là d'un exercice gratuit, mais que de la connaissance et de la maîtrise de l'environnement peut dépendre le succès d'une exploitation.



Pour faire saisir très schématiquement dans quelle mesure l'intensification des méthodes de production privilégie l'incidence de certains éléments du milieu sur la santé du cheptel, nous nous référerons à la fig. 1. Par rapport aux conditions naturelles ou semi-naturelles des élevages extensifs, ces options impliquent une forte concentration des animaux et un relatif confinement. Un volume d'eau limité devra donc assurer des apports en oxygène et en substances nutritives très supérieurs aux normes habituelles. S'il est facile de pourvoir à un apport alimentaire adapté à la charge, la disponibilité en oxygène apparaît comme un facteur limitant en dépit des artifices généralement mis en oeuvre pour assurer l'aération de l'eau. De plus la consommation alimentaire engendre des déchets métaboliques dont le principal composant est l'ammoniaque, et dont l'importance est proportionnelle à la quantité d'aliments distribuée. Ces déchets peuvent donner lieu à l'accumulation de substances toxiques si les capacités d'épuration du milieu, généralement liées au débit, se trouvent dépassées.

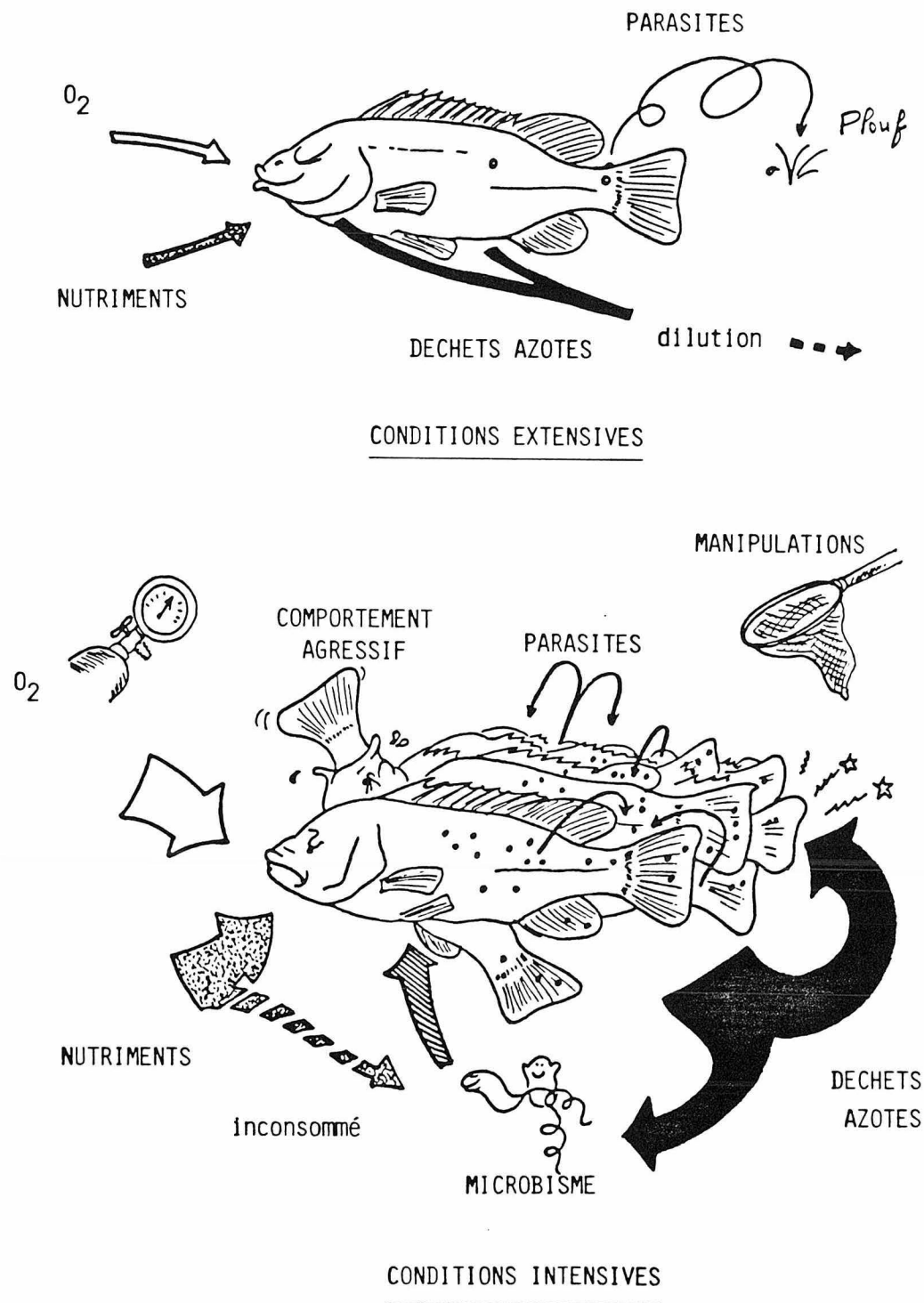
La densité des poissons est également un facteur favorable à la multiplication des parasites et des microbes naturellement présents dans l'environnement. Les premiers, surtout si leur cycle reproducteur s'accommode de la transmission directe, trouvent des possibilités statistiquement accrues de rencontrer leurs hôtes naturels et de poursuivre leur développement. Les seconds ajoutent à cet avantage l'exploitation du substrat nutritif que constituent les déchets azotés et les aliments inconsommés. Il est toujours difficile dans les élevages de s'affranchir de la menace représentée par le microbisme, qui met en jeu des organismes qualifiés d'opportunistes, dont les actions pathogènes ne sont pas normalement à redouter mais peuvent s'exprimer dans des conditions particulières. En dehors de l'action indiscutablement favorisante qu'elle manifeste pour des agents potentiellement dangereux, la surdensité peut aussi présenter des conséquences sérieuses pour les poissons eux-mêmes. Les comportements sociaux des animaux ne sont pas toujours bien prévisibles, et chez les espèces territoriales, des phénomènes d'agressivité aboutissant à un état de stress plus ou moins larvé sont toujours à craindre.

Enfin, il faut ajouter à tous ces éléments les inévitables répercussions des manipulations, des traitements thérapeutiques et des opérations courantes d'élevage, toujours génératrices de stress, et parfois même de blessures. On peut donc, pour résumer, définir deux grands types de risques assez caractéristiques du passage de l'exploitation traditionnelle à des systèmes de production intensifs :

- l'impact direct d'une technologie qui dans le cas d'espèces récemment domestiquées ne s'appuie pas toujours sur une expérience suffisante.
- le développement accru et sélectif des organismes pathogènes capables de passer d'emblée d'un animal à l'autre, dont les groupes les plus représentatifs sont les virus, les bactéries, et les parasites à cycle direct.

## **PRINCIPAUX AGENTS INFECTIEUX ET PARASITAIRES RENCONTRES CHEZ LES TILAPIAS**

Il est certain que tous les agents potentiellement pathogènes présents dans les eaux fréquentées par les tilapias sont susceptibles de coloniser ces poissons, et de longues listes d'observations ont été dressées dans les publications déjà citées. Nous ne nous intéresserons qu'à ceux qui ont déjà exercé leurs méfaits dans les élevages ou peuvent de par leurs particularités constituer une menace importante.



**Figure 1 :** Importance respective des interactions entre le poisson et certains facteurs de l'environnement, en conditions d'élevage extensives et intensives.

### VIRUS (tableau 1)

Les virus n'offrent guère d'intérêt. La seule infection, qui en conditions d'élevage intensif pourrait éventuellement créer quelques problèmes, est une iridovirose désignée faute de mieux sous le terme anglo-saxon de "lymphocystis", dont l'agent se développe dans les fibroblastes du derme chez de nombreux poissons d'eaux chaudes, en entraînant la formation de petites tumeurs cutanées d'aspect mûriforme. Paperna (1974) a décrit ce virus chez des tilapias des lacs africains. Le danger réside moins dans l'apparition de mortalités incontrôlables, assez exceptionnelles, que dans la dépréciation commerciale des animaux dont la guérison est un processus lent.

### BACTERIES (tableau 1)

De nombreuses espèces bactériennes ont été identifiées lors de mortalités frappant des élevages de tilapias. Le tableau 1 en donne quelques exemples. Comme souvent chez les poissons, ces infections peuvent n'avoir qu'une signification relative et traduire essentiellement un affaiblissement des animaux dû à des causes diverses. En pareil cas les bactéries se multiplient sur un terrain débilisé, incapable de leur opposer ses habituelles défenses, et sont qualifiées d'opportunistes. Il semble bien que certains rapports mettent en cause de tels agents, notamment des *Pseudomonas* (Miyashita, 1984) et des enterobactéries (Wu, 1970).

D'autres bactéries présentent un caractère pathogène plus marqué, et surtout plus constant. C'est peut-être le cas dans les streptococcies décrites sur le tilapia du Nil par Wu (1970) et Kitao *et al.* (1981). L'importance clinique des streptocoques demeure à l'heure actuelle localisée surtout à la zone sud-asiatique où de graves pertes leur sont imputées tant en eau douce qu'en milieu marin. Le caractère d'adaptation à l'existence parasitaire et le pouvoir pathogène ne sont néanmoins jamais si clairement définis que lorsque la bactérie présente des stades de développement intra-cellulaire et, à cet égard, deux maladies méritent d'être signalées. La première est la tuberculose, ou plus précisément une mycobactériose due à une espèce assez fréquente chez les cichlidés sauvages, *Mycobacterium fortuitum*, dont un cas a été rapporté dans une pisciculture du Kenya par Roberts et Sommerville (1982). Cette maladie granulomateuse, d'évolution lente, a été observée dans maints types d'élevages alimentés en produits frais issus de rebuts de pêcheries, et représente une sérieuse menace économique du fait qu'elle évolue longtemps sans symptômes et ne s'exprime que sur des animaux déjà âgés. Le recours exclusif à des aliments de qualité sanitaire contrôlée suffit à s'en préserver. La deuxième maladie, appelée "epitheliocystis", n'est pas sans rappeler tant cliniquement que par son évolution le "lymphocystis" viral, bien qu'elle affecte exclusivement les cellules épithéliales de la peau et des branchies et que l'agent responsable soit un petit germe Gram négatif proche des chlamydiacées. Elle n'a jusqu'à présent été signalée qu'incidemment (Paperna, 1980).

Assez paradoxalement, les plus graves bactérioses rapportées sur tilapias ont du mal à se voir clairement attribuées à des agents pathogènes stricts. Disons que leur fréquence leur confère une importance économique considérable, mais que de nombreux facteurs favorisants conditionnent leur apparition et leur évolution, et que l'approche scientifique des mécanismes pathogènes impliqués ne va pas sans difficultés. Il en est ainsi pour la flexibactériose, due à une myxobactérie très répandue dans l'environnement des poissons, ayant un tropisme marqué pour les tissus épithéliaux, et capable de produire des nécroses très spectaculaires de la peau et des branchies. *Flexibacter columnaris* n'exprime pourtant ces propriétés que très occasionnellement : il semble que des stress thermiques soient souvent en cause, et selon Avault *et al.* (1968), la période d'hivernage, lorsque la température tombe au-dessous de 14 °C, se révèle particulièrement critique.

Tableau 1 : Principaux agents infectieux reconnus chez les tilapias

AGENT	LOCALISATION	MANIFESTATIONS CLINIQUES
<u>VIRUS</u>		
<u>Iridovirus</u> <i>Lymphocystis</i>	Fibroblastes du conjonctif dermique	Néoplasies cutanées bénignes
<u>BACTERIES</u>		
<u>Cytophagacées</u> <i>Flexibacter columnaris</i>	Peau et branchies	Infections nécrotiques locales
<u>Pseudomonadacées</u> <i>Pseudomonas fluorescens</i>	Infection systémique (o)	Septicémies hémorragiques
<u>Enterobacteriacées</u> <i>Edwardsiella tarda</i>	Infection systémique (z)	Septicémies hémorragiques ou granulomatoses
<u>Vibrionacées</u> <i>Aeromonas hydrophila</i>	Infection systémique (o)	Septicémies hémorragiques
<u>Streptococcacées</u> <i>Streptococcus sp.</i> ( $\beta$ et hémolytiques)	Infection systémique	Septicémies
<u>Mycobacteriacées</u> <i>Mycobacterium fortuitum</i>	Infection systémique (z)	Granulomatose chronique
<u>RICKETTSIES (?)</u>		
Agent de l'"Epitheliocystis"	Peau et branchies	Hyperplasie épithéliale
<u>CHAMPIGNONS</u>		
<u>Saprolegniales</u> <i>Saprolegnia spp.</i>	Peau et branchies (o)	Destructions tégumentaires
<i>Aspergillus flavus</i> ) <i>A. niger</i> )	Mycoses profondes + mycotoxines (z)	Granulomatoses

(o) opportuniste      (z) risques de transmission à l'homme

Les septicémies nécro-hémorragiques associées à des germes Gram négatif sont tout aussi préoccupantes. *Aeromonas hydrophila* est cause de nombreuses infections dans les eaux chaudes, et son impact dans les élevages de tilapias a été souligné par Balarin et Hatton (1979). Mais là encore, les critères de virulence des souches responsables, bien que très étudiés, ne font pas l'unanimité. Le fait que les aéromonoses s'enchaînent quasi-systématiquement en complication à des états cliniques variés et que l'immense majorité des souches banales présentes dans l'habitat aquatique puissent agir en opportunistes ne facilite évidemment pas l'analyse ! Le problème est un peu différent pour *Edwardsiella tarda*, agent pathogène classiquement redouté chez les poissons d'eau chaude (Wakabayashi et Egusa, 1973 ; Meyer et Bullock, 1973) et à l'agression duquel les tilapias n'échappent pas (Roberts et Sommerville, 1982). Bien que les conditions ambiantes puissent là aussi intervenir et que des infections mixtes l'associant à *A. hydrophila* ne soient pas rares, cette entérobactérie n'est pas aussi abondante dans l'eau que les *Aeromonas*, et des tableaux évolutifs chroniques, granulomateux, décrits par Kubota *et al.* (1981) sur *Oreochromis niloticus* pourraient faire penser à une tendance plus marquée au développement infectieux. Mais quelle que soit son incidence sur les élevages eux-mêmes *E. tarda* cause également un souci pour raisons sanitaires car elle peut provoquer chez l'homme des entérotoxémies plus ou moins graves, souvent associées comme l'ont montré en Afrique Van Damme et Vandepitte (1980) à la consommation de poissons contaminés.

Nous avons volontairement insisté sur les infections bactériennes car elles font partie des données avec lesquelles il faut compter en permanence dans la conduite d'une activité piscicole. Sauf en cas d'atteintes chroniques généralisées, leur impact peut cependant être limité par des mesures thérapeutiques appropriées. A la différence des virus, les bactéries en effet sont sensibles à certains traitements, les antibiotiques représentant l'arme de choix pour peu qu'on y recoure avec discernement et en respectant les précautions qu'ils imposent (Michel, 1986). Compte tenu de l'importance des facteurs d'environnement, on aura tout intérêt à respecter les conditions d'élevage et de manipulations les plus propres à maintenir les animaux en bon état, et le respect d'une hygiène générale satisfaisante constitue sans doute pour le moment la meilleure des préventions. En effet, quelques essais de vaccination contre l'aéromonose (Ruangpan *et al.*, 1986) et l'edwardsielliose (Lio-Po et Wakabayashi, 1986) n'ont encore conduit, malgré des résultats encourageants dans le premier cas, à aucune perspective de développement. Enfin, on n'oubliera pas en présence d'une infection bactérienne que la cause primitive des troubles peut être de toute autre nature, et que l'identification et la neutralisation de cette dernière suffisent souvent à tout faire rentrer dans l'ordre.

#### MYCOSES (tableau 1)

Les saprolégnioses ne sont pas rares chez les tilapias, et comme chez les autres espèces, évoluent le plus souvent en réponse à un affaiblissement des animaux et à la faveur de lésions cutanées. Les causes les plus diverses ont été incriminées, les plus classiques tenant aux basses températures hivernales, à la maturation sexuelle et aux manipulations des poissons (Sarig, 1971). En Israël, ces considérations conduisent à éviter toute intervention durant la saison froide. Ces infections, combattues tant bien que mal par des bains de vert malachite, ne sont cependant pas à craindre en eau salée.

Le seul cas de mycose profonde rapporté en élevage, au Kenya, mettait en cause deux espèces d'*Aspergillus*, *A. flavus* et *A. niger* (Olufemi *et al.*, 1983). Bien que ces espèces soient plus traditionnellement responsables d'intoxinations dues à l'ingestion d'aliments contaminés par les aflatoxines qu'elles sécrètent, les mêmes auteurs ont pu reproduire expérimentalement des lésions granulomateuses par administration orale des souches isolées. C'est la première fois qu'une infection directe de poissons par *Aspergillus* est décrite, et la responsabilité d'un aliment conservé dans des conditions défectueuses ne fait guère de doute (Olufemi et Roberts, 1986).



## PARASITES INTERNES (tableau 2)

Les cas de parasitisme interne sont presque une règle dans les conditions naturelles, mais n'ont en fait qu'un impact limité dans la mesure où la faible densité des animaux ne facilite pas leur propagation. Sauf bouleversement écologique, il est rare que ces infestations s'amplifient au point de conduire à des manifestations cliniques. En élevage intensif la situation est bien différente, et même si l'existence de cycles parasitaires parfois complexes constitue un garde-fou généralement suffisant, la pratique de tels élevages dans des sites naturels, en cages ou en enclos, ne permet pas d'exclure d'éventuels accidents. C'est précisément dans ces conditions que sont élevés les tilapias. De tels risques, s'ils demeurent faibles en termes de probabilité, sont sérieux dans la mesure, où dans la plupart des cas, aucun traitement efficace ne saurait arrêter l'explosion parasitaire, et où des infestations apparemment modérées peuvent être le fait d'organismes transmissibles à l'homme.

Parmi les agents les plus primitifs, des myxozoaires ont été décrits chez les tilapias, où ils paraissent d'ailleurs fréquents (Baker, 1963). Les genres *Henneguya*, *Myxobolus* et *Myxosoma*, connus pour engendrer des troubles graves dans d'autres types d'élevages piscicoles ont ainsi été recensés. Leur développement est toujours à craindre dès lors que des fonds meubles peuvent se prêter à la survie des spores. Des coccidies spécifiques des cichlidés sont également signalées par des travaux très récents menés en Israël et en Afrique du Sud. Il semble que l'une d'elles au moins, *Eimeria vanasi*, qui se développe dans l'intestin, puisse entraîner dans les élevages des retards de croissance, voire des mortalités de jeunes alevins (Landsberg et Paperna, 1987).

Les trématodoses ne sont pas rares non plus. Elles exigent un cycle de développement complexe passant successivement par un mollusque gastéropode, un poisson, et un vertébré ichthyophage. Elles ne sont donc redoutables que lorsque les jeunes animaux sont capturés dans la nature ou lorsque des prédateurs ont accès aux installations. Cette dernière éventualité est malheureusement le plus souvent imparable. Deux douves de la famille des heterophyidés, *Heterophyes heterophyes* et *Haplorchis pumilio*, sont particulièrement répandues dans le bassin méditerranéen, en Afrique et en Asie (Paperna, 1960 ; Roberts et Sommerville, 1982). La pénétration active des larves à travers la peau des poissons peut se traduire par des mortalités quand une infestation massive affecte de jeunes animaux. Mais c'est surtout en tant que zoonoses qu'elles peuvent avoir de sérieuses conséquences. Ces espèces ne sont guère difficiles quant à la nature de leur hôte définitif et leur ingestion par l'homme, suivie de dissémination artérielle, risque de conduire à des phénomènes d'infarctus.

Les clinostomatidés (*Clinostomum* et *Euclinostomum*) parasitent à l'état adulte l'oesophage des oiseaux, hérons notamment, tandis que leurs métacercaires s'enkystent chez les poissons, dans les tissus les plus variés. Des cas graves dus à de fortes infestations ont été signalés sur *O. mossambicus* à Hawaï et en Afrique (Paperna, 1980). Les diplostomatidés, également transmis par les oiseaux, sont extrêmement fréquents à l'état naturel mais rarement impliqués dans des atteintes massives. Les larves "*Neascus*" de certaines espèces s'enkystent en provoquant dans le territoire cutané des réactions mélaniques caractéristiques (taches noires) qui déprécient les produits. Des mélanoparasitoses de ce type ont été observées sur tilapias par Paperna et Thurston (1968). Les larves "*Diplostomulum*" correspondent aux cercaires d'un autre groupe d'espèces, qui s'implantent dans le cristallin et entraînent la cécité. Leurs effets sont plus sérieux car les animaux éprouvent quelque difficulté à se nourrir et s'exposent involontairement aux atteintes des prédateurs. Paperna (1980) a décrit un cas sur des cichlidés d'Afrique du Sud.

Tableau 2 : Principaux parasites reconnus dans les élevages de tilapias

	GROUPE ET ESPECE	LOCALISATION
<u>PROTOZOAIRE</u>		
Flagellés	<i>Ichtyobodo (Costia)</i> (*)	Externe
Ciliés	<i>Trichodina</i> (*) ) <i>Tripartiella</i> (*) )	Externe
	<i>Chilodonella</i>	Externe
	<i>Ichtyophthirius</i> (*)	Sous-épidermique
Sporozoaires	<i>Eimeria vanasi</i>	Muqueuse intestinale
<u>MYXOZOAIRE</u>	<i>Myxobolus</i> ) <i>Myxosoma</i> ) <i>Henneguya</i> )	Kyste interne
<u>MONOGENES</u>	<i>Dactylogyrus</i> (*) ) <i>Cichlidogyrus</i> (*) ) <i>Gyrodactylus</i> (*) )	Externe
<u>TREMATODES</u>		
Heterophyides	<i>Heterophyes</i> (z) <i>Haplorchis</i> (z)	
Clinostomatides	<i>Clinostomum</i> <i>Euclinostomum</i>	Kyste interne
Diplostomatides	<i>Diplostomum</i>	
<u>NEMATODES</u>		
Anisakides	<i>Contracaecum</i> (z)	Interne
<u>CRUSTACES</u>		
Branchiours	<i>Argulus</i>	
Copépodes	<i>Lernaea</i> (*) <i>Ergasilus</i> (*)	Externe
Isopodes	<i>Nerocila</i>	

(z) zoonose

(\*) mortalités importantes



Le parasitisme des cestodes n'offre guère d'intérêt malgré quelques cas rapportés sur poissons sauvages (Fryer et Iles, 1972). Par contre un nematode, *Contracaecum*, de la famille des anisakidés, peut s'avérer dangereux pour le consommateur humain et a été trouvé par Scott (1977) sur *Oreochromis alcalicus* et par Paperna (1964) sur *O. niloticus*. Le parasite est ingéré par le poisson en même temps que le crustacé qui lui sert de premier hôte et se développe dans les viscères. L'homme n'est pas un hôte normal mais l'ingestion accidentelle de larves peut provoquer de sévères réactions granulomateuses.

## PARASITES EXTERNES

De très nombreuses espèces animales vivent normalement en parasites à la surface du corps des poissons. Leur prolifération dans les élevages résulte non seulement des conditions de promiscuité, mais aussi de la faculté qu'ont la plupart d'entre eux de se reproduire directement ou selon des cycles très simplifiés. Leurs effets néfastes sont d'autre part exacerbés par toutes les causes d'affaiblissement temporaire qu'engendre nécessairement la conduite des exploitations.

Les protozoaires sont représentés par des flagellés comme *Ichtyobodo*, dont les dégâts ont été à plusieurs reprises signalés sur tilapias (Sarig, 1971 ; Roberts et Sommerville, 1982), et par des ciliés. Parmi ces derniers les espèces les plus significatives sont *Trichodina* et *Tripartiella*, dont la prolifération dans les élevages constitue toujours une grave menace, *Chilodonella*, qui semble surtout exercer ses effets sur des animaux passagèrement déprimés, et surtout *Ichtyophthirius*, l'agent de la "maladie des points blancs", dont la localisation en région sous-épidermique complique singulièrement le traitement. Paperna (1970) a signalé le premier ce parasite sur tilapias. Il semble d'ailleurs qu'il ait été introduit en Ouganda à la faveur de transferts de poissons, tout comme dans les élevages hawaïens avec l'*O. mossambicus*.

Les monogènes sont fréquents sur les cichlidés, et représentés par un large éventail d'espèces (Paperna et Thurston, 1968). *Dactylogyrus* est parfois trouvé sur les branchies, et des représentants du genre *Gyrodactylus* ont été signalés en Afrique. Pourtant c'est un genre relativement spécifique de ce groupe de poissons, *Cichlidogyrus*, qui est le plus abondant et le plus diversifié. Paperna (1960) n'en recense pas moins de 16 espèces en Ouganda. Selon Kabata (1985) et plusieurs auteurs cités par Roberts et Sommerville (1982), *C. sclerosus* est la plus répandue, tant en Afrique qu'en Asie.

Les crustacés parasites peuvent être à l'origine de graves troubles lorsqu'ils sont introduits dans des élevages intensifs. Cette gravité est conditionnée par l'intensité du parasitisme et l'âge des sujets pour ce qui est des manifestations cliniques. Mais la menace qu'ils font peser sur l'exploitation est pourtant bien réelle, car toujours présents dans le milieu, ils sont difficiles à contrôler, et les microblessures occasionnées par la microprédation ouvrent la porte aux surinfections bactériennes ou fongiques.

Un certain nombre d'organismes très classiques ayant fait l'objet de descriptions détaillées sur d'autres espèces ont été rendus responsables d'atteintes chez les tilapias. Parmi les copépodes, les *Lernaea* sont très fréquemment trouvées, parfois associées à des manifestations morbides (Fryer, 1968 ; Paperna, 1969) tant en Afrique qu'en Israël. Dans ce dernier pays, Sarig (1971) a rapporté des observations mettant en cause *Ergasilus* en polyculture d'étang. Il semble que les tilapias aient mieux supportés ce parasitisme que les carpes et les mulets associés. Selon les travaux compilés par Kabata (1985), les arguloses dues à des branchiures sont également courantes, avec un impact particulièrement élevé d'*Argulus indicus* en région asiatique. Enfin des atteintes par isopodes ont aussi été rapportées : Morand (1985) en a observé dans les élevages de Côte d'Ivoire, et Paperna (1980) souligne la prédation de *Nerocila orbignyi* sur le tilapia du Nil.

Il n'est évidemment pas possible d'éviter la présence des ectoparasites dans les milieux naturels. Le respect de conditions hygiéniques et de pratiques zootechniques rigoureuses aura un effet indirect positif en optimisant l'état général des animaux et leur aptitude naturelle à se défendre. En revanche, le recours à des thérapeutiques antiparasitaires, telles qu'elles se sont imposées par exemple en salmoniculture à titre préventif, est beaucoup plus aléatoire. Peu concevable dans des structures ouvertes comme les enclos ou les cages, il pourrait à la rigueur s'appliquer dans des étangs de dimensions restreintes. Mais il n'existe pas dans le cas des tilapias de documentation aussi précise que pour d'autres espèces, portant sur l'efficacité et l'éventuelle toxicité de produits comme le formol, le sulfate de cuivre, le permanganate de potassium et les organophosphorés. Si l'on considère que les températures élevées auxquelles sont adaptés les poissons, la salinité, ainsi que d'autres paramètres de l'eau, sont de nature à modifier ces données, il apparaît que tout traitement devra soigneusement être préparé, et que le meilleur moyen pour ce faire est de procéder à des essais préalables sur un petit nombre de sujets. En l'état actuel l'emploi du formol dans le cas des protozoaires et des monogènes, et du metrifonate (Neguvon) dans celui des crustacés, sont les seuls qui puissent faire l'objet de recommandations générales, avec les limites que nous venons d'évoquer, et avec bien sûr les précautions d'usage.

### **PATHOLOGIE DUE AU MILIEU ET A DES CAUSES TECHNOLOGIQUES**

Les caractéristiques physico-chimiques de l'eau déterminent un environnement de qualité plus ou moins constante dans lequel évoluent les animaux. Il existe en principe une certaine adéquation entre les aptitudes physiologiques et comportementales des populations aquicoles et les caractéristiques des milieux qu'elles ont colonisés. Ces adaptations, dans le détail, s'expriment pour chaque espèce et pour chaque paramètre de l'environnement par la définition de valeurs optimales et de seuils de tolérance. Les limites n'en sont pas systématiquement étroites, et les espèces ou les souches génétiques peu exigeantes, capables de s'acclimater à des circonstances variées, se prêteront tout particulièrement aux tentatives d'élevage. A cet égard les tilapias constituent un matériel particulièrement intéressant, qu'il a été possible d'adapter à des conditions d'ambiance multiples.

Mais cette souplesse d'adaptation à des conditions extrêmes n'est pas suffisante pour juger des qualités d'une espèce. Il faut encore tenir compte de son aptitude à supporter les fluctuations passagères de cet environnement, lesquelles sont susceptibles d'altérer la résistance des animaux. Ainsi l'état de réceptivité de ces derniers aux maladies ou l'effet direct des facteurs d'environnement ne seront pas uniquement commandés par la valeur absolue de ces facteurs, mais aussi par l'amplitude et la progressivité de leurs variations. Ces considérations sont particulièrement critiques dans les élevages intensifs, qui nous l'avons vu sont inducteurs de microbisme, d'atteintes mécaniques ou toxiques, et de stress répétés. On pressent donc qu'à travers la conception de l'habitat, l'alimentation artificielle, les manutentions et les éventuels traitements, dont résulteront en quasi-permanence des modifications de l'environnement, la technologie va jouer un rôle-clé dans l'état de santé du cheptel. C'est ce que vont tenter d'illustrer les exemples suivants.

## TROUBLES LIES AUX CARACTERISTIQUES DE L'EAU

### Sursaturations

Les sursaturations gazeuses, responsables de manifestations emphysémateuses parfois spectaculaires chez les poissons, sont associées le plus souvent à des sites alimentés par des forages ou des eaux de résurgence. Bien que Roberts et Sommerville (1982) en fassent état, elles ne semblent pas avoir grand impact dans les élevages de tilapias.

### Salinité

La salinité, en revanche, constitue une préoccupation d'importance de par les essais actuellement poursuivis pour élever les tilapias dans des lagunes saumâtres. A l'origine de ces initiatives, outre des observations anciennes quant à l'adaptation de ces poissons à l'eau salée, se trouvent la nécessité de mise en valeur de certains sites et l'idée que, comme pour d'autres espèces, les performances de croissance en eau de mer pourraient s'avérer des plus avantageuses. Les premiers essais semblent avoir eu lieu à Taïwan et ont vite révélé que la tolérance n'était pas seulement affaire d'espèces, mais aussi de souches génétiques ou géographiques (Liao et Chang, 1983). Certains problèmes se sont manifestés sur les tilapias rouges issus du croisement *O. niloticus* x *O. mossambicus* transférés en eau de mer : plus grande hétérogénéité, sensibilité accrue aux manipulations, repigmentation partielle de certains sujets et lésions oculaires.

Watanabe *et al.* (1985) ont étudié l'influence du passage en eau salée aux différentes étapes du développement de *O. niloticus* et montré qu'une adaptation précoce constituait un important facteur de succès, conditionnant notamment la résistance des poissons aux variations ultérieures de salinité. Al-Amoudi (1987), après avoir essayé de préparer des animaux par distribution d'une ration riche en NaCl, atteste également l'intérêt de procéder à une acclimatation progressive. Il apparaît donc que le choix des animaux destinés aux sites d'élevage en eau salée et leur préparation ne sont pas indifférents à la réussite des opérations. C'est ce qu'illustrent *a posteriori* les malheureuses expériences menées en Côte d'Ivoire. Il semble que la souche de *O. niloticus* retenue à l'origine se soit avérée peu malléable et très vulnérable aux variations de salinité, inconvénient d'autant plus fâcheux que le site d'implantation, aménagé en l'absence d'informations disponibles, est vite apparu sujet à d'importantes fluctuations de salinité. Le remplacement des animaux par d'autres souches (*O. aureus* et un croisement *O. aureus* x *O. niloticus*) a donné des résultats préliminaires déjà beaucoup plus encourageants (Doudet, 1986). La voie de la sélection d'espèces, de souches ou d'hybrides parfaitement tolérants, assortie de pratiques d'acclimatation bien codifiées, apparaît donc actuellement comme la plus indiquée pour surmonter les difficultés de mise en valeur de milieux saumâtres.

### Blooms d'algues et accumulations de végétaux

Nous ne signalons que pour mémoire ces phénomènes toujours imprévisibles et aux conséquences dramatiques. Des blooms d'algues ont été observés, mettant en jeu diverses espèces : *Microcystis*, *Anabaena*, *Oscillatoria*, *Spirulina* (Swingle, 1967). Les élevages de Côte d'Ivoire ont été plusieurs fois dévastés à la suite de crues brutales entraînant à la dérive d'énormes quantités de végétaux (Doudet, 1986). S'il est vrai que certaines algues peuvent libérer dans le milieu des toxines aux effets nocifs, c'est surtout la déprivation d'oxygène consécutive à l'accumulation des matières organiques qui provoque l'asphyxie massive des poissons. Il n'existe hélas aucun remède. Seule la parfaite connaissance des caractéristiques des sites avant tout aménagement peut orienter les choix d'implantation et du même coup diminuer les risques. Encore demeurera-t-il un facteur d'incertitude associé à une composante météorologique impossible à maîtriser !

## TROUBLES LIES A LA CHARGE

### Oxygène

Comme pour toute pisciculture intensive, il est évidemment nécessaire d'adapter la charge en poissons et la ration alimentaire distribuée aux capacités du milieu à procurer une certaine quantité d'oxygène. Il s'agit là de notions classiques. En fait, seules des incertitudes liées au site (écarts de température importants, débits insuffisants en saison sèche, proliférations végétales) risquent de susciter des périodes délicates. Les accidents précédemment évoqués constituent, nous l'avons vu, un cas extrême.

### Matières azotées

Autre problème classique des exploitations intensives, l'accumulation de déchets ammoniacaux, surtout si le pH est élevé et si le taux de renouvellement de l'eau est faible, est tout à fait susceptible de se poser pour les tilapias (fig. 1). Il semble que ces poissons présentent néanmoins des facultés d'acclimatation assez larges tant que les variations de  $\text{NH}_3$  ne sont pas trop brutales (Redner et Stickney, 1979).

### Stress comportementaux

Des interruptions de croissance associées à des mortalités chroniques de nature mal définie ont été signalées par Henderson-Arzapalo et Stickney (1980) dans des unités de production intensive de *O. mossambicus* et *O. niloticus*. Ces auteurs ont pu isoler, à la fois dans le mucus externe des poissons et dans l'eau où ils évoluaient, un composé de haut poids moléculaire caractérisé comme une bêta-globuline. L'injection sous-cutanée de cette protéine aux tilapias a engendré des signes cliniques locaux et généraux, congestion des nageoires, dyschromies, hyperrythmie operculaire, rappelant le tableau d'anaphylaxie cutanée obtenu après injection d'histamine. Les auteurs en concluent que, comme dans d'autres espèces (poisson rouge et danio), existeraient des mécanismes de contrôle des populations, s'exprimant à forte densité de peuplement par la libération de substances biologiques qui induisent une réaction auto-immunitaire. Il semble que ces substances soient spécifiques, au moins à l'échelle du genre.

Si ces expériences se confirmaient, elles auraient d'importantes répercussions pour la conduite des élevages où le respect de densités maximales deviendrait un facteur limitant. D'une manière générale, il est sûr que les cichlidés ont un comportement social assez complexe, et que les effets de territorialité et de dominance sont relativement marqués chez les tilapias. Il faut donc s'attendre à voir surgir des difficultés associées à des stress comportementaux lorsqu'on envisagera l'élevage de ces poissons à haute densité.

## TROUBLES INDUITS PAR L'ALIMENTATION

La méconnaissance des besoins alimentaires spécifiques des espèces qu'on s'efforce d'adapter à l'aquaculture représente toujours un point d'achoppement. Les tilapias n'échappent pas à cette loi comme semblent l'indiquer quelques tableaux morbides décrits à plusieurs reprises.

### Cataractes

En dehors des observations cliniques, on a peu de certitudes quant à l'étiologie des cataractes. Toutes les causes d'atteinte de l'oeil ne sont pas alimentaires : nous avons relaté certains troubles liés à la salinité, et les bactérioses ont elles-mêmes souvent des localisations oculaires. Toutefois le rôle des carences alimentaires (en zinc par exemple) chez d'autres espèces est désormais reconnu et il est vraisemblable qu'une meilleure couverture des besoins des tilapias améliorerait bien des situations.

### Déformations squelettiques

Là encore on peut raisonner par analogie avec les situations expérimentées dans d'autres types d'élevages nouveaux. Roberts et Sommerville (1982) décrivent deux grandes catégories de malformations, la première se traduisant par l'atrophie ou la disparition de la caudale, voire d'autres nageoires, la seconde par des déformations antéro-postérieures. Ces dernières, connues pratiquement chez toutes les espèces, peuvent très bien résulter de perturbations du développement liées aux conditions de fécondation ou d'incubation, tout comme les anomalies signalées sur de jeunes alevins par Rothbard *et al.* (1980). On ne peut cependant exclure le facteur alimentation dans un certain nombre de cas, et les récents acquis de l'aquaculture marine à cet égard (cas des bars et des dorades par exemple) devraient sensibiliser l'éleveur à l'importance de ce facteur.

### Aflatoxicoses

On a vu que ce risque est lié aux conditions de stockage des aliments. La présence des aflatoxines dans les aliments se traduit généralement par un syndrome dont la manifestation typique est le développement d'hépatomes. Bien que seules des infections granulomateuses aient été décrites chez les tilapias, la fréquence des *Aspergillus* dans leurs zones d'élevage reste préoccupante.

### Sensibilisation aux infections et aux parasites

Les déséquilibres alimentaires ont souvent des effets insidieux, et parmi ceux-ci l'altération des mécanismes de défense de l'organisme peut entraîner une susceptibilité exagérée aux atteintes des parasites et des microbes saprophytes. Ceci conduit l'éleveur à un recours abusif aux thérapeutiques, qui à terme nuisent elles-mêmes à la santé des poissons, alors que la connaissance des causes de désordre primaires suffirait à régler définitivement la question.

Tous ces exemples montrent donc qu'une connaissance précise des besoins alimentaires des animaux, traduite par l'élaboration de règles de rationnement logiques, peut concourir à la solution de troubles variés, devant lesquels le pathologiste se trouve quant à lui désarmé.



## MANIPULATIONS

Les manipulations d'animaux, destinées aux traitements, au triage, à la capture, sont hélas inévitables. Elles sont inductrices de stress et de lésions mécaniques, dont les conséquences varient selon le terrain (surtout pour les espèces hypersensibles au stress) et les conditions d'hygiène ambiantes. On ne peut qu'essayer de programmer les interventions le plus opportunément possible, en évitant les erreurs et les manœuvres brutales, et surtout en choisissant un matériel adapté aux poissons et aux structures dans lesquelles on opère. Dans les régions à variations saisonnières marquées il ne paraît pas opportun d'intervenir pendant la période froide, qui constitue pour les animaux un moment critique. L'adaptation du matériel enfin, n'est pas seulement une question de progrès technique, mais aussi d'expérience pratique et de savoir faire manuel.

## CONCLUSIONS : LES PROBLEMES PRIORITAIRES

Beaucoup des phénomènes évoqués dans ce rapide aperçu pathologique seraient justifiables de solutions thérapeutiques, préventives, voire à moyen terme vaccinales. Pourtant, dans le cas précis des tilapias, au moins dans le cadre de l'Afrique occidentale, un certain nombre d'obstacles se dressent :

- Manque d'expérience relative au comportement des drogues dans des milieux aux températures ou aux salinités élevées de valorisation récente, et ignorance des limites critiques d'efficacité et de toxicité.
- Elevages menés en milieu ouvert, dans des cages ou des enclos, rendant impossible la mise en oeuvre des bains thérapeutiques.
- Prix de revient souvent prohibitif des médicaments d'administration orale, dans des zones dont les ressources économiques sont précisément limitées.

En réalité cela n'est pas très grave. Même si pour des raisons tenant aux acquis déjà obtenus par ailleurs, à l'historique des approches scientifiques, et au fait qu'on les retrouve systématiquement sur des animaux déficients, la part des bioagresseurs paraît importante, il faut bien voir que ce ne sont pas eux qui créent pour l'heure les plus gros problèmes. Les maladies virales sont quasiment inexistantes ; les infections microbiennes sont le fait de bactéries opportunistes, ou dans le déterminisme pathogénique desquelles les facteurs d'environnement jouent un rôle crucial ; le parasitisme externe enfin, s'il reste la source majeure de préoccupation, ne devrait pas avoir trop de conséquences pour des animaux ayant dépassé le stade juvénile et maintenus en bon état général. Bref, il n'existe pas de grands fléaux comparables à ceux de la pisciculture des eaux froides ou tempérées !

Dans ces conditions on devrait pouvoir se prémunir efficacement contre les agents pathogènes par le recours à des mesures sanitaires, en exigeant un contrôle ou une garantie des lots d'animaux nouvellement introduits et en les soumettant le cas échéant à une période d'observation en installations isolées, et par des mesures d'ordre hygiénique visant à choisir des poissons bien adaptés au milieu auquel on les destine, à les placer dans des conditions de détention optimales, et à leur assurer une alimentation saine et équilibrée. Les mesures sanitaires ne dépendent que d'une volonté politique. Les mesures hygiéniques malheureusement reposent sur des données théoriques encore incertaines, et comme on l'aura compris, c'est bien de cette incertitude que découlent les plus graves difficultés

mentionnées dans cet exposé. Leur solution repose sur des études scientifiques complémentaires, pour lesquelles il convient de définir des priorités, priorités qui ne sont pas forcément du ressort du pathologiste ! Nous indiquerons donc pour terminer les deux axes qui nous paraissent essentiels :

- La recherche, ou la sélection de lignées de poissons d'élevage choisies non seulement pour leurs aptitudes de croissance, mais aussi sur des critères de résistance au stress et d'adaptation aux variations de salinité. Il sera toujours possible d'améliorer les pratiques courantes pour obtenir de meilleures performances, mais si le matériel de départ n'est pas bon, le résultat ne sera jamais à la hauteur des espérances. Il semble d'ailleurs qu'on se soit déjà orienté dans cette voie dans les centres de Côte d'Ivoire.
- L'étude fondamentale des besoins alimentaires des tilapias, dont la connaissance plus précise apporterait sans doute, comme déjà souligné, une solution commune à des problèmes variés. Il faudrait en outre dans le cas de l'Afrique que cet effort dans l'élaboration de bases de rationnement raisonnées soit complété par une maîtrise du stockage et de la conservation des aliments, car cet aspect semble bien constituer actuellement un point critique pour la situation sanitaire des exploitations.

La résolution de ces points zootechniques prioritaires devrait conduire à une amélioration sensible de la situation des élevages et leur permettre de prouver leur rentabilité. Il sera alors toujours temps de discerner et d'estimer l'impact propre des agents pathogènes et de voir s'il convient d'envisager des méthodes de lutte plus spécifiques.



## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AL-AMOUDI M.M., 1987. The effect of high salt diet on the direct transfer of *Oreochromis mossambicus*, *O. spilurus*, and *O. aureus* x *O. niloticus* hybrids to sea water.  
*Aquaculture*, 64, 333-338.
- AVAVULT J.W., E.W. SHELL et R.O. SMITHERMAN, 1968. Procedure for overwintering tilapias.  
*FAO Fish. Rep.*, 44, 343-345.
- BAKER J.R., 1963. Three new species of *Myxosoma* (Protozoa : Myxosporidia) from East African freshwater fish.  
*Parasitology*, 53, 289-292.
- BALARIN J.D. et J.P. HATTON, 1979. Tilapias. A guide to their biology and culture in Africa.  
*Unit of Aquatic Pathobiology, University of Stirling, Scotland*, 174 p.
- DOUDET T., 1986. Projet pilote de développement de l'aquaculture lagunaire (Côte d'Ivoire).  
Compte-rendu d'activités 1986.  
*doc. ronéo., CTFT, Nogent-sur-Marne*, 16 p.
- FRYER G., 1968. The parasitic crustacea of African freshwater fish : their biology and distribution.  
*J. Zool.*, 156, 45-95.
- FRYER G. et T.D. ILES, 1972. The cichlid fishes of the great lakes of Africa : their biology and evolution.  
*Oliver and Boyd, Edingburgh*, 641 p.
- HENDERSON-ARZAPALO A. et R.R. STICKNEY, 1980. Immune hypersensitivity in intensively cultured *Tilapia* species.  
*Trans. Am. Fish. Soc.*, 109, 244-247.
- KABATA Z., 1985. Parasites and diseases of fish cultured in the tropics.  
*Taylor and Francis, London, Philadelphia*.
- KITAO T., T. AOKI et R. SAKOH, 1981. Epizootic caused by Bhaemolytic *Streptococcus* species in cultured freshwater fish.  
*Fish Pathol.*, 15, 301-307.
- KUBOTA S.S., N. KAIGE, T. MIYAZAKI et T. MIYASHITA, 1981. Histopathological studies on edwardsiellosis of tilapia : I. Natural infection.  
*Bull. Fac. Fish., Mie University*, 9, 155-165.
- LANDSBERG J.H. et I. PAPERNA, 1987. Intestinal infections by *Eimeria* (s.l.) *vanasi* n. sp. (Eimeriidae, Apicomplexa, Protozoa) in cichlid fish.  
*Ann. Parasitol. Hum. Comp.*, 62, 283-293.

- LIAO I.C. et S.L. CHANG, 1983. Studies on the feasibility of red tilapia culture in sea water.  
*In : Proceedings of the International Symposium on tilapia in Aquaculture*,  
L. Fishelson and Z. Yaron Comps., Tel-Aviv University, Tel-Aviv, 524-533.
- LIO-PO G. et H. WAKABAYASHI, 1986. Immune response in tilapia *Sarotherodon niloticus* vaccinated with *Edwardsiella tarda* by hyperosmotic infiltration method.  
*Vet. Immunol. Immunopath.*, 12, 351-357.
- MEYER F.P. et G.L. BULLOCK, 1973. *Edwardsiella tarda*, a new pathogen of channel catfish (*Ictalurus punctatus*).  
*Appl. Microbiol.*, 25, 155-156.
- MICHEL C., 1986. Intérêt pratique, dangers potentiels et règles d'emploi des thérapeutiques antibactériennes chez les poissons.  
*Rev. sci. tech. Off. Int. Epiz.*, 5, 635-657.
- MIYASHITA T., 1984. *Pseudomonas fluorescens* and *Edwardsiella tarda* isolated from diseased tilapia.  
*Fish. Pathol.*, 19, 45-50 (en Japonais).
- MORAND M., 1985. Projet pilote de développement de l'aquaculture lagunaire : rapport de mission d'appui ichtyopathologie.  
*Doc. ronéo., Laboratoire Vétérinaire Départemental du Jura, Lons-le-Saunier*, 67 p.
- OLUFEMI B.E., C. AGIUS et R.J. ROBERTS, 1983. Aspergillomycosis in intensively cultured tilapia from Kenya.  
*Vet. Rec.*, 112, 203-204.
- OLUFEMI B.E. et R.J. ROBERTS, 1986. Induction of clinical aspergillomycosis by feeding contaminated diet to tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.).  
*J. Fish. Dis.*, 9, 123-128.
- PAPERNA I., 1960. Studies on monogenic trematodes in Israel. 2- Monogenic trematodes of cichlids.  
*Bamidgeh*, 12, 20-33.
- PAPERNA I., 1964. Metazoan parasite fauna of Israel inland water fishes.  
*Bamidgeh*, 16, 3-66.
- PAPERNA I., 1969. Parasitic crustacea from fishes of the Volta basin and South Ghana.  
*Rev. Zool. Bot. Afri.*, 80, 208-216.
- PAPERNA I., 1970. Infection by *Ichthyophthirius multifiliis* of fish in Uganda.  
*Prog Fish. Cult.*, 34, 162-164.
- PAPERNA I., 1974. Lymphocystis in fish from East African lakes.  
*J. Wildl. Dis.*, 9, 331-335.
- PAPERNA I., 1980. Parasites, infections and diseases of fish in Africa.  
*FAO, CIFA technical paper*, 7, 216 p.
- PAPERNA I. et J.P. THURSTON, 1968. Report on ectoparasitic infections of freshwater fish in Africa.  
*Bull. Off. Int. Epiz.*, 69, 1197-1206.

REDNER B.D. et R.R. STICKNEY, 1979. Acclimatation to ammonia by *Tilapia aurea*.  
*Trans. Am. Fish. Soc.*, 108, 383-388.

ROBERTS R. J. et C. SOMMERVILLE, 1982. Diseases of tilapias.  
*In : The biology and culture of tilapias, R.S.V. Pullin et R.H. Lowe-McConnell Eds., ICLARM, Conf. Proc.*, 7, 247-262.

ROTHBARD G., G. HULATA et J. ITZKOVITCH, 1980. Abnormalities in *Sarotherodon* larvae.  
*J. Fish. Dis.*, 3, 441-442.

RUANGPAN L., T. KITAO et T. YOSHIDA, 1986. Protective efficacy of *Aeromonas hydrophila* vaccines in Nile tilapia.  
*Vet. Immunol. Immunopath.*, 12, 345-350.

SARIG S., 1971. Diseases of warmwater fishes.  
*TFH Publ., Neptune City, New Jersey*.

SCOTT P.W., 1977. Preliminary studies on diseases in intensively farmed tilapia in Kenya.  
*M.Sc Thesis, University of Stirling, Scotland*, 159 p.

SWINGLE H.S., 1967. Fish kills caused by phytoplankton blooms and their prevention.  
*FAO Fish. Rep.*, 44, 409-411.

VAN DAMME L.R. et J. VANDEPITTE, 1980. Frequent isolation of *Edwardsiella tarda* and *Plesiomonas shigelloides* from healthy Zaïrese freshwater fish : a possible source of sporadic diarrhea in the tropics.  
*Appl. Environ. Microbiol.*, 39, 475-479.

WAKABAYASHI H. et S. EGUSA, 1973. *Edwardsiella tarda* (*Paracolobactrum anguillimortiferum*) associated with pond-cultured eel disease.  
*Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 39, 931-936.

WATANABE W.O., C.M. KUO et M.C. HUANG, 1985. Salinity tolerance of Nile tilapia fry (*Oreochromis niloticus*), spawned and hatched at various salinities.  
*Aquaculture*, 48, 159-176.

WU S.Y., 1970. New bacterial disease of *Tilapia*.  
*FAO Fish Cult. Bull.*, 2, 14.



## INDICES DE PERFORMANCE DE CROISSANCE CHEZ LES TILAPIAS : UTILISATION POSSIBLE EN PISCICULTURE ET EN EAUX LIBRES

---

Jacques MOREAU (1)

### RESUME

Les possibilités de croissance des tilapias en milieu naturel et en aquaculture peuvent être évaluées en calculant des indices de performance de croissance à partir des paramètres  $L_{\infty}$ ,  $W_{\infty}$  et  $K$  des équations de Von Bertalanffy.

On peut ainsi quantifier l'augmentation du potentiel de croissance obtenue grâce aux techniques aquacoles et envisager, à terme, le choix des souches ou des hybrides à élever en se basant sur de tels indices.

### ABSTRACT

There are several indexes for fish growth potential and growth performance comparisons available in the literature and two of such indices, found to allow meaningful comparisons for tilapia in the open waters and aquaculture, are :  $\phi' = \log_{10}K + 2 \log_{10}L_{\infty}$ , and  $P = \log_{10}KW_{\infty}$ , where  $K$ ,  $W_{\infty}$  and  $L_{\infty}$  are parameters of the von Bertalanffy growth equation. These indexes which, in a given species, are normally distributed with a small coefficient of variation, were used to compare the growth performance of natural populations in Asia and Africa. A discussion of the implications of our findings with regard to selecting suitable species and strains for aquaculture completes the paper.

---

(1) Ecole Nationale Supérieure Agronomique (ENSA). Laboratoire d'Ichtyologie Appliquée, 145 avenue de Muret, 31076 Toulouse Cedex, France.

## INTRODUCTION

La comparaison de la croissance des poissons d'une même espèce dans différents milieux a toujours été considérée comme un problème très délicat. En effet, les courbes de croissance observées chez différentes populations ne peuvent être comparées directement parce que ces courbes résultent de vitesses instantanées de croissance qui changent constamment avec l'âge ou la taille.

Il faut donc identifier un ou des indices destinés à quantifier la performance de croissance dans son ensemble tout en se référant, éventuellement, à une partie déterminée de la courbe.

Pauly (1979) a énoncé les différents critères permettant de choisir un indice de performance de croissance :

- Celui-ci doit consister en une seule valeur chiffrée, aisément calculable,
- Il doit se référer à la croissance pondérable si l'on veut comparer des espèces de différentes silhouettes,
- Il doit être interprétable biologiquement.

Lorsqu'il est calculé pour un grand nombre de populations appartenant à un même genre, les valeurs obtenues doivent avoir une distribution normale. La variance de cette distribution doit diminuer lorsqu'on passe du genre à l'espèce et de celle-ci à la souche. Ainsi, peut-on comparer entre elles les espèces d'un même genre ou différentes souches d'une même espèce.

La présente note résume des recherches antérieures sur l'utilisation possible de certains indices de croissance dans le cas des tilapias (Moreau *et al.*, 1986 ; Pauly *et al.*, 1987).

## METHODES DE CALCUL

Aussi bien en eaux libres qu'en aquaculture, y compris dans les systèmes les plus intensifs, la croissance des tilapias, du stade "fingerling" au poisson de consommation, peut être décrite par l'équation de Von Bertalanffy :

$$L_t = L_{\infty}(1 - \exp(-K(t - t_0))) \quad (1)$$

ou

$$W_t = W_{\infty}(1 - \exp(-K(t - t_0)))^3 \quad (2)$$

sachant que  $W_t = aL_t^b$  et  $W_{\infty} = aL_{\infty}^b$  et que, dans l'intervalle de tailles concerné,  $b$  peut très souvent être admis égal à 3.

$L_t$  et  $W_t$  sont la longueur et le poids à l'âge  $t$ .

$K$  est un coefficient de croissance (dimension/temps).

$t_0$  est l'abscisse du point d'intersection de la courbe de croissance avec l'axe des temps. La signification biologique et mathématique de ces paramètres a été résumée récemment (Moreau, 1987).

Deux indices destinés à évaluer la performance de croissance peuvent être utilisés :

a) L'indice P (Pauly, 1979).

La dérivée première de l'équation (2) qui exprime la vitesse de croissance du poisson présente un maximum  $(dw/dt)_{\max}$ . La vitesse de croissance au point d'inflexion  $(w_i, t_i)$  de la courbe d'équation (2) peut être utilisée pour comparer les croissances de différentes espèces ayant différentes silhouettes.

La vitesse de croissance à ce point d'inflexion s'écrit :  
 $(dw/dt)_{\max} = (4/9) KW_{\infty}$  et, de là, on définit (Pauly, 1979) :

$$P = \log_{10} K + \log_{10} W_{\infty} \quad (3)$$

On peut remarquer que P peut être calculé directement à partir de la pente de la courbe de croissance pondérale à son point d'inflexion même si K et  $W_{\infty}$  sont inconnus.

b) L'indice  $\phi'$  (Pauly et Munro, 1984)

Un indice  $\phi' = \log_{10} K + (2/3) \log_{10} W_{\infty}$  a été introduit par Munro et Pauly (1983), et il a ensuite été montré que l'on a une relation entre K et  $L_{\infty}$  qui s'écrit :

$$\log_{10} K = \phi' - (2/3) \log_{10} L_{\infty}^3 \quad (4)$$

ce qui conduit à la définition de  $\phi'$

$$\phi' = \log_{10} K + 2 \log_{10} L_{\infty} \quad (5)$$

On peut passer de l'indice P à l'indice  $\phi'$  par les deux relations suivantes (Moreau *et al.*, 1986) :

$$P = \phi' + (1/3) \log_{10} W_{\infty} + (2/3) \log_{10} a \quad (6)$$

et

$$\phi' = P - (1/3) \log_{10} W_{\infty} + (2/3) \log_{10} a \quad (7)$$

dans lesquelles a est tel que  $W = aL^3$

Les indices P et  $\phi'$  de diverses souches et espèces de tilapias élevés en aquaculture ont été calculés et comparés à ceux obtenus pour les mêmes espèces en milieu naturel.

Pour cela, les paramètres de croissance ont été relevés ou calculés à partir des données âge/longueur ou âge/poids disponibles dans la littérature. Les données d'aquaculture concernent des élevages conduits à partir d'individus de 10 g au minimum et sur au moins 3 mois.

Le programme ETAL 1 (Gaschütz *et al.*, 1980), qui a été mis en oeuvre, permet de tenir compte des variations saisonnières de la croissance lorsque celles-ci sont nettes dans les données observées.

Les longueurs standards ont été exprimées en centimètres et les poids sont des poids frais en grammes.

Pour les deux indices  $\phi'$  et P, la moyenne arithmétique, l'écart type et le coefficient de variation (C.V. =  $100 \times \sigma/\text{moyenne}$ ) ont été calculés pour les espèces les plus importantes d'une part, et pour l'ensemble des données disponibles, d'autre part.

Dans les deux cas, les données concernant les eaux libres et les expérimentations aquacoles ont été séparées.



## **RESULTATS**

La fig. 1 montre que les indices  $P$  et surtout  $\phi'$ , calculés pour 100 populations naturelles, sont distribués normalement ; d'après le tableau 1 on peut constater que le coefficient de variation pour chaque espèce est inférieur à celui obtenu pour l'ensemble des genres *Tilapia*, *Sarotherodon* et *Oreochromis*. Ces deux indices sont effectivement utilisables pour quantifier la performance de croissance en eau libre, qui se révèle donc être une caractéristique des différentes espèces. Pour chacune d'elles, il existe des souches à forte croissance (par exemple *O. niloticus* du lac Nasser et du lac Kainji) et utilisables en aquaculture. A l'inverse, d'autres souches se révèlent peu intéressantes : *O. mossambicus* du lac Sibaya en Afrique du Sud (Moreau *et al.*, 1986).

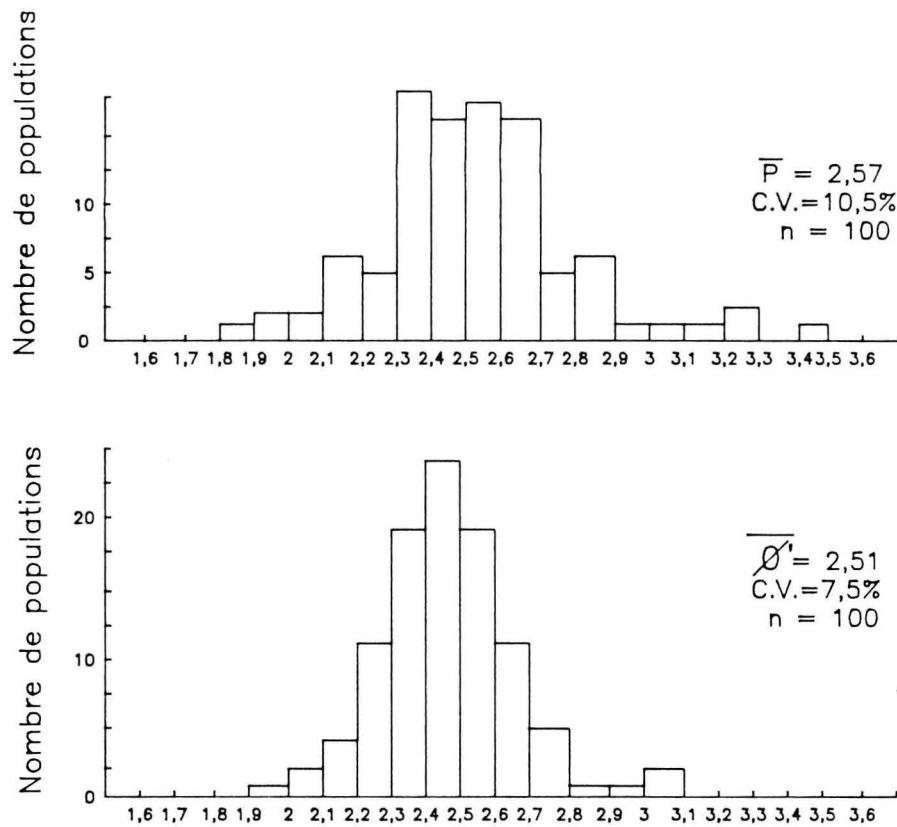
La fig. 2 et le tableau 1 montrent qu'en aquaculture les performances de croissance des tilapias sont supérieures à celles observées en milieu naturel. Ce qui n'est pas forcément vrai, cas par cas, des vitesses de croissance aux différentes tailles. En effet, en pisciculture, les tilapias demeurent plus petits et leur vitesse de croissance, après avoir été très élevée, diminue très vite au point de devenir très inférieure, à taille égale, à celle observée dans la plupart des milieux naturels.

La fig. 3 montre les variations observées de  $\phi'$  pour les différentes espèces, au moins avec les données recueillies pour cette étude.

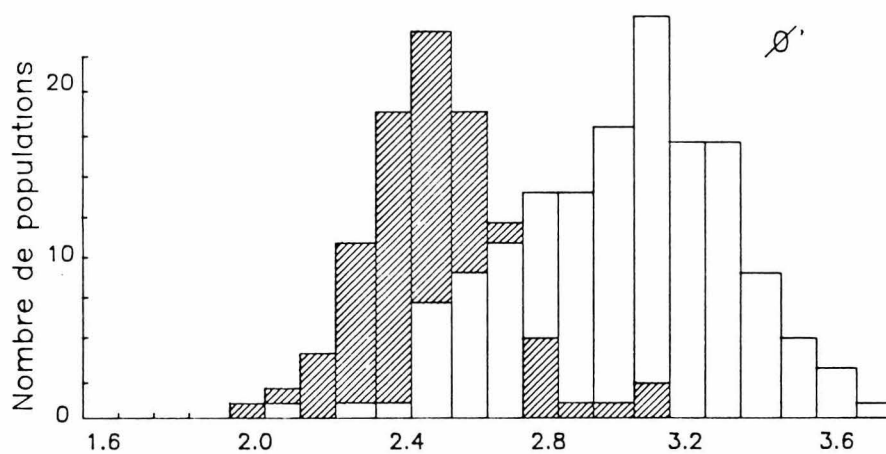
La différence entre les valeurs de  $\phi'$  en pisciculture et en milieu naturel, que nous appellerons ici  $\Delta\phi'$  est de 0,15 seulement chez *T.rendalli* et atteint 0,66 chez *O. aureus* espèce pour laquelle la différence de croissance entre pisciculture et milieux naturels est donc la plus élevée. Cela vient pour l'essentiel du fait qu'*O. aureus* a été, et est, élevé uniquement dans des conditions intensives ou, au moins, semi-intensives. C'est d'ailleurs pourquoi *O. aureus* a été parfois considéré comme mieux adapté à l'aquaculture qu'*O. niloticus* (Coche, 1982).

Il faut d'ailleurs examiner de façon particulière *O. niloticus* qui a les plus fortes croissances en milieu naturel (Moreau *et al.*, 1986) et en aquaculture (fig. 3). En effet, on remarque une grande gamme de valeurs communes entre les deux situations avec  $\Delta\phi' = 0,56$  inférieur à celui observé pour *O. aureus* et *O. mossambicus*.

Nous pouvons en conclure que, d'une façon générale, les diverses méthodes d'élevage d'*O. niloticus* n'ont pas encore complètement exploité les possibilités de croissance de l'espèce. C'est d'ailleurs ce qui est en partie suggéré par la fig. 4, elle-même montrant l'accroissement considérable du potentiel de croissance obtenu avec les élevages monosexes.



**Figure 1 :** Distribution des valeurs de  $P$  et  $\phi'$  pour 100 populations de tilapias en milieu naturel (Moreau *et al.*, 1986).

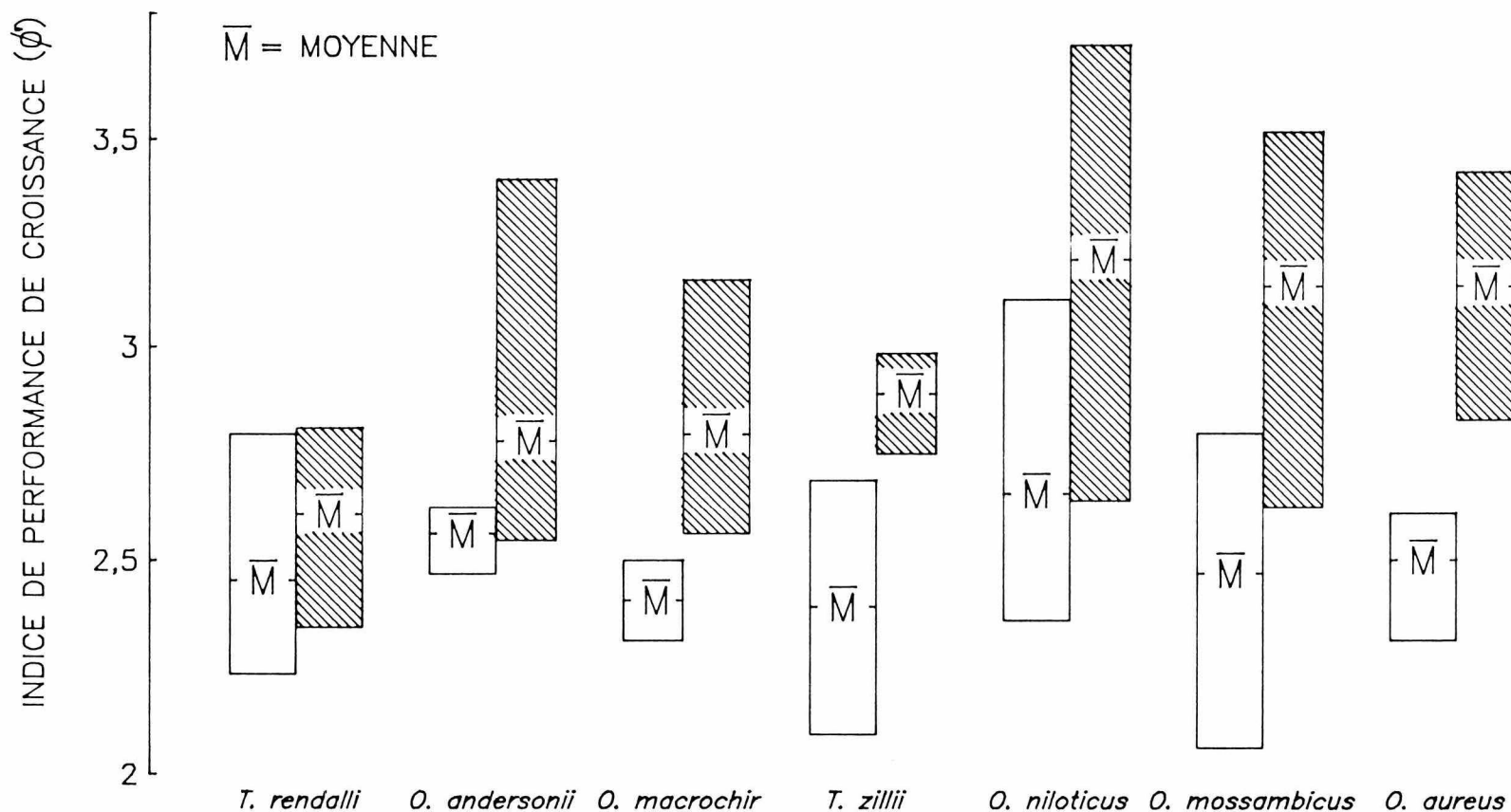


**Figure 2 :** Distribution des valeurs de  $\phi'$  en milieu naturel (zones hachurées) et en aquaculture (150 populations étudiées en aquaculture : Pauly *et al.*, 1987).

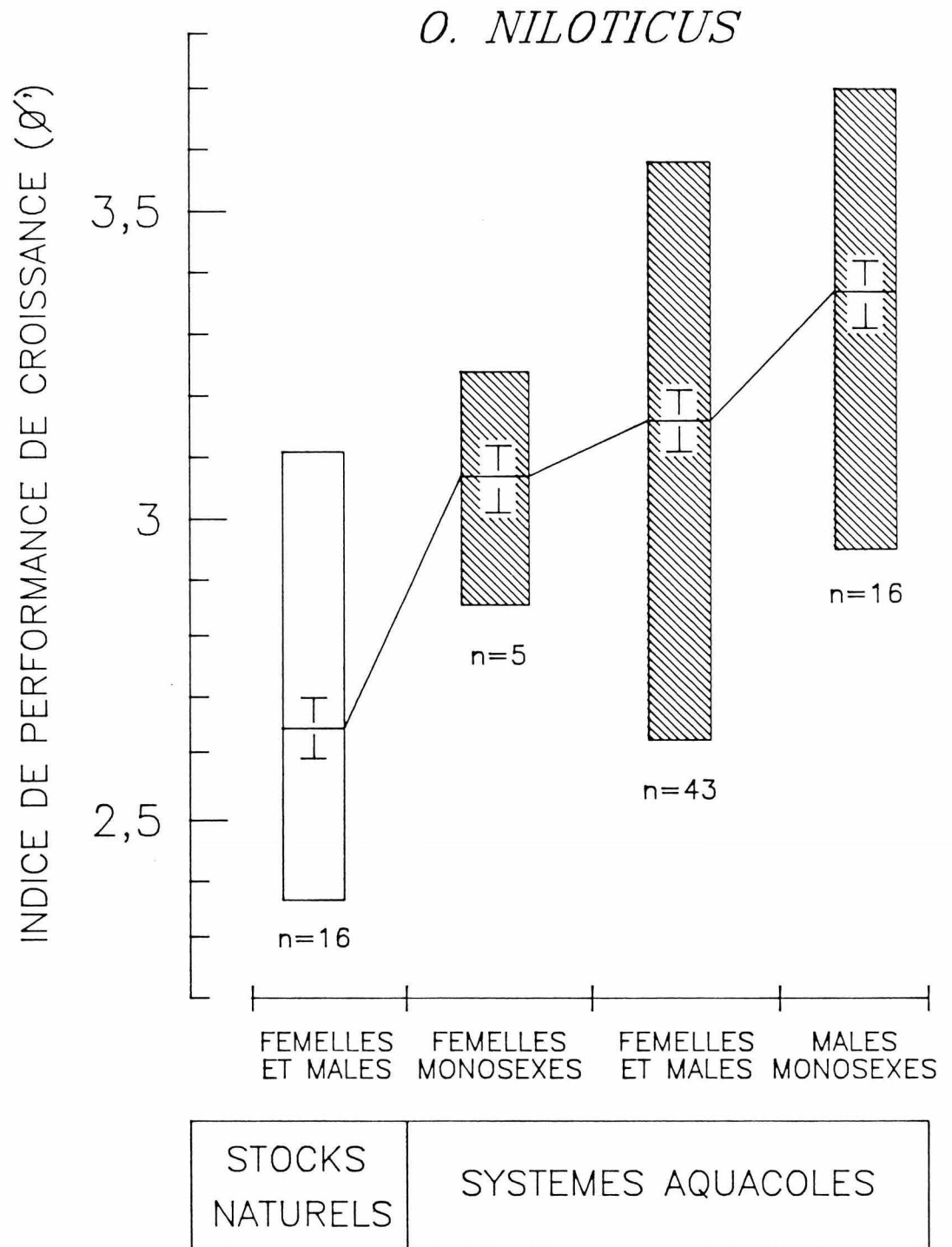
Tableau 1 : Comparaison des croissances obtenues en milieu naturel et en aquaculture pour sept espèces de tilapia et pour l'ensemble des populations étudiées (100 en milieu naturel, 150 en aquaculture).

Espèce	Stock	n	Moyenne P	Ecart Type	Moyenne $\phi'$	min	max	Ecart type
<i>T. rendalli</i>	A*	4	2,49	0,05	2,60	2,34	2,81	0,12
	N*	16	2,55	<0,01	2,45	2,24	2,80	0,03
<i>O. andersonii</i>	A	9	2,63	0,04	2,79	2,54	3,40	0,09
	N	4	2,68	0,13	2,56	2,46	2,63	0,07
<i>O. macrochir</i>	A	6	2,73	<0,01	2,80	2,56	3,17	0,08
	N	8	2,41	0,07	2,41	2,31	2,50	0,02
<i>T. zillii</i>	A	3	2,97	0,07	2,88	2,76	2,99	0,07
	N	8	2,30	0,16	2,39	2,09	2,68	0,08
<i>O. niloticus</i>	A	65	3,05	0,02	3,21	2,64	3,72	0,03
	N	16	2,80	0,07	2,65	2,36	3,11	0,06
<i>O. mossambicus</i>	A	17	2,86	0,05	3,14	2,63	3,50	0,06
	N	20	2,57	0,02	2,48	2,05	2,80	0,04
<i>O. aureus</i>	A	20	2,95	<0,01	3,15	2,83	3,42	0,04
	N	4	2,36	0,05	2,50	2,31	2,61	0,07
Elevage Pop. naturelles	A	150	2,86	0,16	3,94	2,10	3,70	0,12
	N	100	2,57	0,25	2,51	1,80	3,50	0,13

\*A : Aquaculture - \*N : Milieux naturels



**Figure 3 :** Moyenne et intervalle de variation de  $\phi'$  pour 7 espèces de tilapias rangées, de gauche à droite, par ordre croissant quant à la différence de performance entre le milieu naturel et les systèmes aquacoles (zones hachurées) (Pauly *et al.*, 1987).



**Figure 4 :** Moyenne, erreur standard et intervalle de variation de l'index  $\phi'$  chez *O. niloticus* en milieu naturel et en aquaculture (zones hachurées). Remarquer la performance élevée obtenue à l'aide des élevages monosexes mâles (Pauly *et al.*, 1987).

## **DISCUSSION ET CONCLUSION**

De nouvelles possibilités de croissance viendront aussi de la sélection de souches améliorées et de l'identification d'hybrides performants, un problème pour lequel les indices de croissance développés ici peuvent se révéler utiles (Moreau *et al.*, 1988, en préparation). Ceci amène à réfléchir à l'utilité comparée des deux indices  $P$  et  $\phi'$ .

Intuitivement, l'indice  $P$  apparaît le plus utile pour les besoins de l'aquaculture car il se réfère à la croissance pondérale alors que  $\phi'$  se réfère à la croissance en longueur. Cependant, chez les poissons, le poids est beaucoup plus variable que la longueur. En effet, on peut constater des pertes de poids dans des situations écologiques difficiles, ce qui est impensable pour les longueurs. C'est pourquoi, les possibilités de variations et de biais seront plus grandes avec un indice de croissance pondérale. Pour des études comparatives de souches ou d'hybrides, la meilleure approche serait alors de se référer aux deux indices et de chercher à mettre en évidence les souches de tilapias dont les performances de croissance se révèlent maximales quand elles sont évaluées simultanément avec  $P$  et  $\phi'$ .

### **Note des éditeurs :**

Au cours de l'exposé oral, une question a été posée sur la possibilité d'utiliser  $P$  et  $\phi'$  pour choisir des souches ou des hybrides compte-tenu des faibles coefficients de variation de ces indices lorsqu'ils sont utilisés au niveau d'une espèce.

La réponse de l'auteur a été la suivante :

Les indices  $P$  et  $\phi'$  présentés ici ont eu pour but, au départ, de comparer les croissances de différents genres ou espèces en milieu naturel et d'évaluer de façon approchée, à l'aide d'un seul indice, les paramètres  $L_{\infty}$  et  $K$  de l'équation de Von Bertalanffy, ce qui est d'autant plus fiable que le coefficient de variation est faible. L'emploi de  $P$  et  $\phi'$  en pisciculture est encore expérimental. C'est pourquoi, il est proposé, en conclusion de l'exposé, d'employer simultanément les deux indices pour caractériser une souche de tilapia.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

COCHE A.G., 1982. Cage culture of tilapias.

*In : The biology and culture of tilapias, R.S.V. Pullin and R.H. Lowe - McConnell Eds., ICLARM Conf. Proc., 7, 205-264.*

GASCHÜTZ G., D. PAULY et N. DAVID, 1980. A versatile BASIC Program for fitting and seasonally oscillating length growth data.

*ICES CM 1980/D : Statistics Cttee., 23 p.*

MOREAU J., 1987. Mathematical expressions of growth in fishes : recent trends and further developments.

*In : Age and Growth to fishes, R.C. Summerfelt and G.E. Hall Eds., Iowa State University, Ames, 81-113.*

MOREAU J., C. BAMBINO et D. PAULY, 1986. A comparison of four indices of overall fish growth performance based on 100 tilapia populations.

*In : The First Asian Fisheries Forum, J. Maclean, L. Dison and L.V. Hosillos Eds., Asian Fisheries Society, Philippines, 201-206.*

MUNRO J.L. et D. PAULY, 1983. A simple method for comparing the growth of fishes and invertebrates.

*Fishbyte, 1 (1), 5-6.*

PAULY D., 1979. Gill size and temperature as governing factors in fish growth : a generalization of Von Bertalanffy's growth formula.

*Ber. Inst. of Meereskunde, Universität Kiel, 63, 156 p.*

PAULY D., J. MOREAU et M. PREIN, 1987. A comparison of overall growth performance of tilapia in open waters and aquaculture.

*In : Proceedings of the Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture, R.S.V. Pullin, T. Bhukaswan, K. Tonguthai and J.L. Maclean Eds., ICLARM Conf. Proc., 15, 469-479.*

PAULY D. et J.L. MUNRO, 1984. Once more on growth comparisons in fishes and invertebrates.

*Fishbyte, 2 (1), 20-21.*



## RECHERCHES SUR LES TILAPIAS LAGUNAIRES DE CÔTE D'IVOIRE

---

Marc LEGENDRE, Jean-Marc ECOUTIN,  
Saurin HEM et Adou CISSE (1)

### RESUME

Cet article présente une synthèse des principaux résultats obtenus dans les études de la reproduction et de l'élevage des tilapias lagunaires de Côte d'Ivoire, *Sarotherodon melanotheron* et *Tilapia guineensis*.

En lagune Ebrié, ces deux espèces se reproduisent sans interruption tout au long de l'année. Toutefois, la proportion d'individus matures, la fécondité relative et la fréquence des pontes sont plus élevées en saison sèche qu'en saison des pluies. En enclos d'élevage, ces espèces effectuent leur première maturation sexuelle à une taille inférieure et produisent des ovocytes plus nombreux et plus petits que dans le milieu naturel.

En élevage intensif, les deux espèces de tilapias lagunaires se sont avérées décevantes. En effet, même dans la situation la plus favorable, l'élevage monosexé mâle de *S. melanotheron*, une vitesse de croissance médiocre (de l'ordre de 0,5 g/j) et une mauvaise transformation des aliments artificiels ne permettent pas dans l'état actuel d'envisager une exploitation piscicole rentable. Les essais d'élevage extensif utilisant la technique originale des "acadjas-enclos" ont par contre donné des résultats très encourageants. Des rendements annuels en poissons de plus de 8t/ha dont 70 à 80 % en *S. melanotheron* de taille marchande, sont possibles sans aucun apport nutritif artificiel.

Les perspectives de recherches et de développement aquacoles offertes par les tilapias lagunaires sont discutées sur la base de ces différents résultats.

---

(1) Centre de Recherches Océanographiques (CRO), B.P. V18, Abidjan, Côte d'Ivoire.

## **ABSTRACT**

The main characteristics of the reproductive biology of *Tilapia guineensis* and *Sarotherodon melanotheron* have been studied in Ebrié lagoon (Ivory Coast), with a comparison between natural and cultured populations. In this lagoon, the two species breed throughout the year without interruption. However, seasonal variations in the intensity of the sexual activity have been observed and are more pronounced at the Layo aquaculture station, where the hydroclimate is more unstable than in other lagoon sectors studied. The proportion of mature individuals, the mean GSI, the relative fecundity and the spawning frequency are higher during the dry season than during the rainy season. In rearing enclosures, both species reach sexual maturity at a smaller size, and produce smaller but more numerous oocytes than in the wild. On the other hand, the relationship between the spawn weight and the female body weight are remarkably similar under both situations. For *S. melanotheron*, which is a male mouth-brooder, the number of brooded eggs or fry is positively related to the female body weight. In 2 m<sup>3</sup> concrete tanks, the mean elapsed time between two successive spawnings is about 2 weeks for *S. melanotheron* and about 3 weeks for *T. guineensis*.

In intensive culture, the two species of brackish water tilapia, *T. guineensis* and *S. melanotheron*, have proved disappointing. Even under most favourable conditions, *i.e.* the monosex male culture of *S. melanotheron*, a poor growth rate (about 0,5 g.d<sup>-1</sup>) and a mediocre feed conversion do not presage a profitable aquaculture exploitation. On the other hand, extensive culture trials using the original "acadja-enclosure" technique have given very encouraging results. Annual fish yields of more than 8 t/ha, including 70 to 80 % of *S. melanotheron* of marketable size, are possible without an artificial feeding.

## INTRODUCTION

En Côte d'Ivoire, *Oreochromis niloticus*, initialement introduit par le Centre Technique Forestier Tropical (CTFT), était jusqu'à un passé récent la seule espèce de poisson d'élevage et son exploitation était limitée aux eaux douces continentales. Dans le cadre d'une volonté de valorisation des plans d'eau lagunaires et compte tenu de la forte croissance qui confère à cette espèce un intérêt certain, des essais d'élevage d'*O. niloticus* en lagune ont été réalisés ces dernières années par différents organismes de recherche ou de production (voir notamment, Magnet et Kouassi, 1978 et 1979). En fait, lors de la plupart de ces essais (exception faite de ceux réalisés en milieu dessalé, en lagune Aghien notamment), une importante mortalité d'origine encore mal identifiée a été observée, ce qui indique une mauvaise adaptation de l'espèce pour la pisciculture intensive en lagune Ebrié.

Dès lors, il paraissait essentiel d'évaluer les potentialités pour l'élevage de deux espèces de tilapias autochtones, *Tilapia guineensis* et *Sarotherodon melanotheron*, qui sont naturellement adaptées au milieu lagunaire (Daget et Ittis, 1965). Ce sont des espèces estuariennes "type" que l'on retrouve en abondance dans toutes les lagunes ivoiriennes et dans les lagunes ouest-africaines en général, où elles peuvent vivre et se reproduire dans une gamme de salinité très étendue (de 0 à plus de 35 g/l). Elles sont de plus très appréciées localement et de consommation courante. C'est dans ce sens qu'une série de travaux portant sur la biologie, le comportement et la croissance des tilapias lagunaires a été effectuée à la station de pisciculture expérimentale de Layo, située au bord de la lagune Ebrié à 40 km à l'ouest d'Abidjan.

## REPRODUCTION

La biologie de la reproduction des deux espèces de tilapias lagunaires a fait l'objet d'une étude approfondie, tant en milieu naturel (secteurs ouest de la lagune Ebrié) que dans les conditions d'élevage en enclos (station de Layo ; Legendre et Ecoutin, en préparation).

## COMPORTEMENTS ASSOCIES A LA REPRODUCTION

Les schémas comportementaux associés à la reproduction et aux soins parentaux prodigués aux oeufs et aux alevins séparent nettement les deux espèces et constituent de manière plus générale l'un des critères distinctifs entre les genres *Tilapia* et *Sarotherodon* (Trewavas, 1982).

*T. guineensis* est un pondeur sur substrat. Au moment de la ponte, il édifie un nid au niveau duquel les oeufs puis les alevins sont l'objet d'une garde parentale vigilante qui limite l'action des prédateurs éventuels. Les nids, construits, par prélèvement buccal du sédiment qui est recraché alentour, revêtent un aspect variable selon la nature du substrat sur lequel ils sont établis. Sur fond de sable, ils se présentent sous la forme d'une simple cuvette, alors que sur un substrat plus ferme (vase dure par exemple), ils se compliquent par le creusement de galeries qui s'enfoncent dans le sédiment. Dans les enclos, ces galeries peuvent atteindre des dimensions impressionnantes (jusqu'à 1 m), ce qui limite les possibilités de culture de *T. guineensis* dans cette structure d'élevage (Legendre, 1983). Lorsque le substrat ne se prête pas à la construction d'un nid, en bassins en béton par exemple, les oeufs sont simplement déposés sur les parois du bas auxquelles ils adhèrent. Il est à noter qu'une ponte collée sur un tronc de cocotier a aussi été observée en enclos, ce qui illustre la grande souplesse présentée par *T. guineensis* dans son comportement de reproduction.

*S. melanotheron* est un incubateur buccal. Lors de la reproduction, celui-ci ne pratique que de petites dépressions à la surface du sédiment dans lesquelles les oeufs sont déposés et fécondés, avant d'être rapidement repris en bouche par le mâle (Aronson, 1949). L'éclosion des oeufs a lieu dans la cavité buccale et ce n'est qu'après résorption complète de la vésicule vitelline que ce comportement de protection parentale s'achève ; les alevins deviennent alors définitivement autonomes.

### TAILLE DE PREMIERE MATURATION SEXUELLE

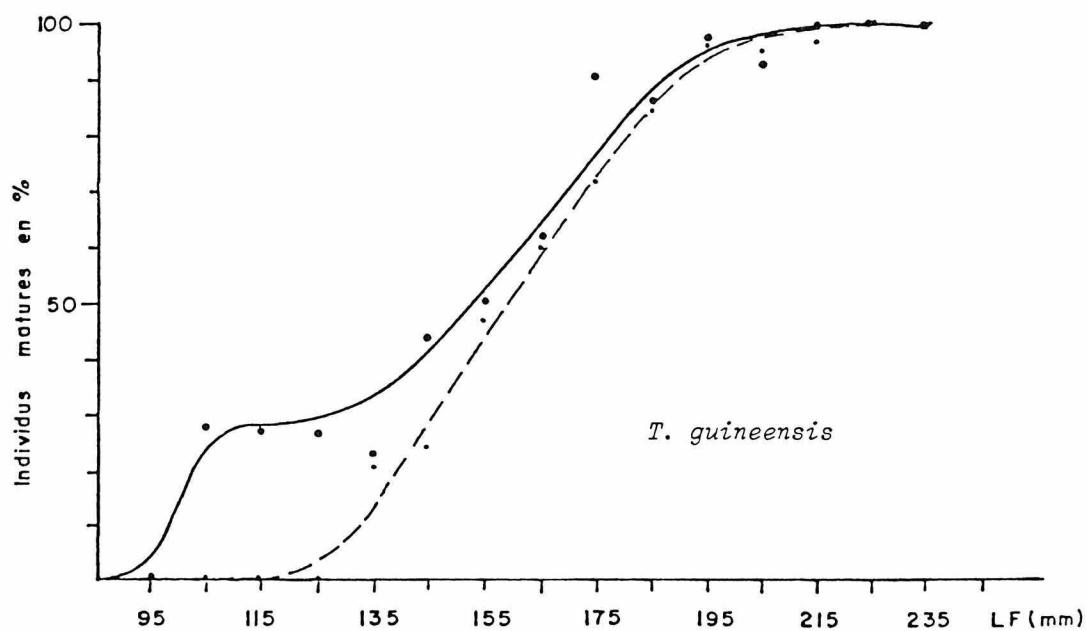
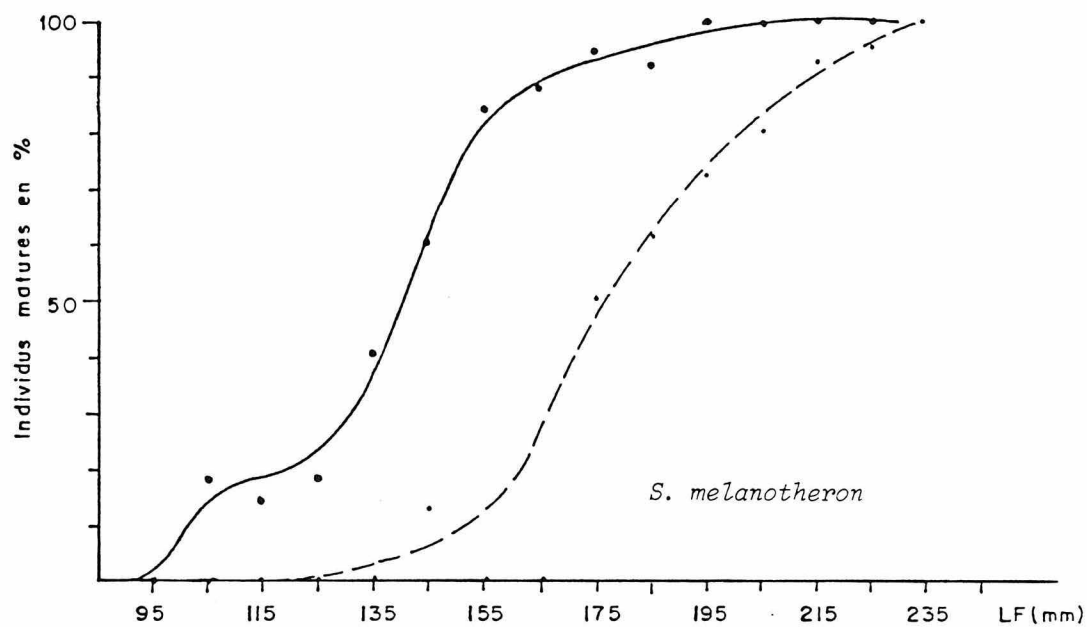
La taille de première maturation sexuelle (L50) est ici définie comme la longueur à la fourche à laquelle 50 % des poissons se trouvent à un stade avancé (supérieur ou égal au stade 3 de l'échelle de maturation) du premier cycle sexuel. De plus, afin de mieux cerner l'étalement de la gamme de taille dans laquelle la première maturation est susceptible d'intervenir, il est utile de préciser, outre le L50, la longueur du plus petit individu mature ainsi que la taille à laquelle la quasi-totalité (95 %) des poissons observés est à un stade de maturité avancée.

L'acquisition progressive de la maturité sexuelle en fonction de l'accroissement en taille des poissons est représentée sur la fig. 1 pour *T. guineensis* et pour *S. melanotheron* en milieu naturel et en milieu d'élevage. La taille du plus petit individu mature capturé au cours des échantillonnages, ainsi que le L50 et le L95 déterminés graphiquement sont présentés dans le tableau 1. On constate que pour *S. melanotheron*, les femelles d'élevage entrent en maturation à une taille très inférieure (140 mm) à celle observée en milieu naturel (176 mm). Chez *T. guineensis*, bien que les L50 soient voisins en lagune et en élevage (159 et 154 mm, respectivement), on remarque cependant une plus forte proportion de petits individus sexuellement actifs dans les enclos (fig. 1). En élevage, la première maturation sexuelle intervient vers l'âge de 6 à 8 mois chez *S. melanotheron* et de 7 à 9 mois chez *T. guineensis*. Mais en l'absence de données sur la croissance des tilapias en milieu naturel, on ne peut préciser si le décalage observé en enclos et en lagune résulte d'une simple différence de croissance ou s'il s'accompagne également d'une différence dans l'âge à la première maturation. Eyeson (1983) rapporte que lorsque les poissons sont maintenus en milieu confiné, *S. melanotheron* peut être sexuellement actif dès l'âge de 4 à 6 mois, à une taille aussi réduite que 4 à 5 cm.

### CYCLE SAISONNIER

Il n'existe pas chez les tilapias lagunaires de saison de reproduction bien marquée, les deux espèces se reproduisant sans interruption tout au long de l'année. Que ce soit en milieu naturel ou en enclos, on observe une proportion toujours importante (entre 40 et 90 %) d'individus en maturation dans les échantillons mensuels.

Alors qu'en milieu lagunaire, l'évolution saisonnière du rapport gonado-somatique (RGS) mensuel moyen ne permet pas de conclure à une quelconque variation saisonnière dans l'intensité de l'activité sexuelle que ce soit chez *S. melanotheron* (fig. 2A) ou chez *T. guineensis* (fig. 3A), on note par contre des fluctuations beaucoup plus marquées du RGS mensuel moyen dans le cas des poissons élevés sur la station de Layo. Chez *S. melanotheron* (fig. 2B), on observe une nette tendance suggérant un niveau d'activité sexuelle plus élevé en saison sèche et chaude (janvier à avril) qu'en saison des pluies (juin à août). Chez *T. guineensis* (fig. 3B), la tendance est analogue mais elle est rendue moins évidente que chez *S. melanotheron* du fait des faibles effectifs composant les échantillons de la seconde moitié de la période d'observation. Le fait que les fluctuations saisonnières dans l'intensité de la reproduction soient plus marquées sur la station de Layo que dans les secteurs ouest de la lagune Ebrié est vraisemblablement lié à la plus grande stabilité de l'hydroclimat qui caractérise ces derniers (Durand et Skubich, 1982). Au niveau de la station, l'hydroclimat, fortement influencé par la proximité du débouché



**Figure 1 :** Détermination de la taille de première maturation sexuelle chez les femelles de *S. melanotheron* et de *T. guineensis* en milieu naturel (---) et en milieu d'élevage (—).

Tableau 1 : Caractérisation de la taille (en mm) de première maturation sexuelle chez *T. guineensis* et chez *S. melanotheron* en milieu lagunaire et en milieu d'élevage.

ESPECE	MILIEU	SEXE	EFFECTIF OBSERVE	PLUS PETIT INDIVIDU MATURE	L50	L95
<i>Tilapia guineensis</i>	enclos	F *	628	100	154	195
		M *	358	99	152	215
	lagune	F	620	130	159	197
		M	128	123	nd	nd
<i>Sarotherodon melanotheron</i>	enclos	F	783	100	140	180
		M	211	105	138	200
	lagune	F	365	146	176	223
		M	96	148	nd	nd

\* M : Mâle - \* F : Femelle

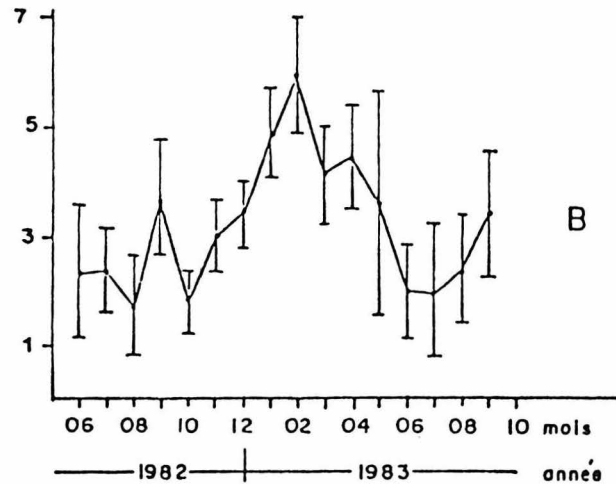
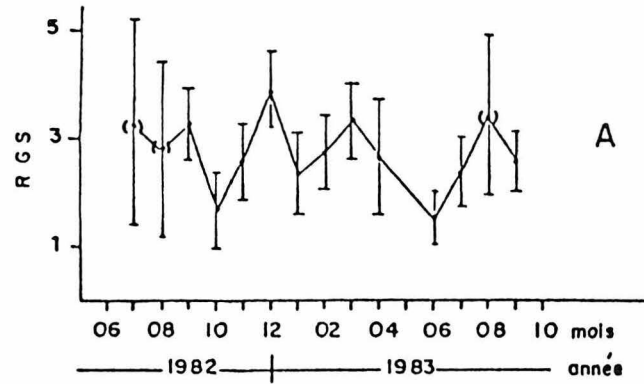


Figure 2 : Variations saisonnières du RGS moyen des femelles de *S. melanotheron*.

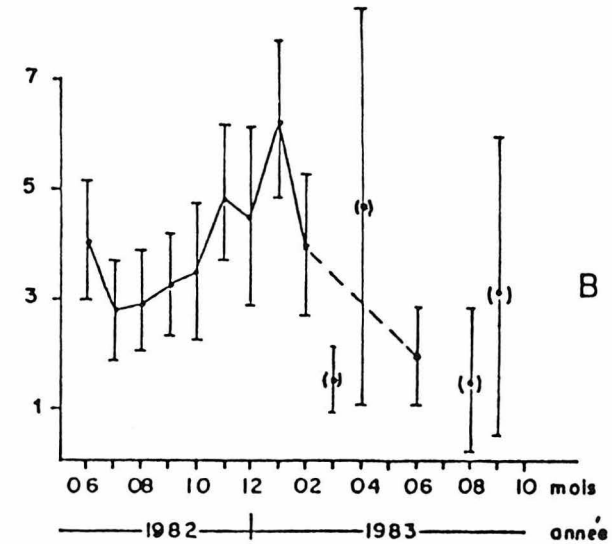
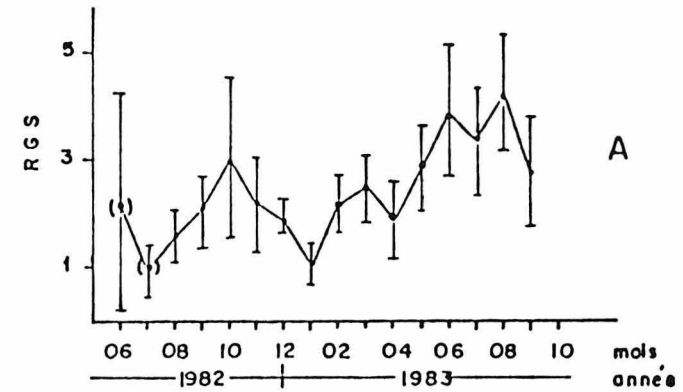


Figure 3 : Variations saisonnières du RGS moyen des femelles de *T. guineensis*.

- Seules les femelles de taille supérieure à la taille de première maturité sont ici considérées.
- A : milieu naturel ; B : milieu d'élevage.



en lagune de la rivière Agneby, est soumis en période de crues à une influence continentale prépondérante (Albaret et Legendre, 1983 ; Guiral, 1983). Quel que soit le milieu considéré, des variations saisonnières de la fécondité relative sont toutefois mises en évidence chez les deux espèces. Dans toutes les situations étudiées, la fécondité par kg de femelle est en moyenne plus élevée au cours de la saison sèche que durant la saison des pluies.

#### FECONDITE, POIDS DES OVOCYTES ET POIDS DE PONTE

Déterminée à partir des ovaires formolés des femelles en maturation avancée, la fécondité représente ici le nombre d'ovocytes qui appartiennent au groupe modal de plus grand diamètre et correspond approximativement au nombre des oeufs qui seront émis à la ponte. Le poids moyen des ovocytes est déterminé par la pesée de 50 ovocytes chez *S. melanotheron* et de 100 ovocytes chez *T. guineensis*. Le poids de ponte (il s'agit plus précisément du poids total des ovocytes destinés à être pondus) est calculé pour chaque femelle par le produit : fécondité x poids moyen des ovocytes. Le calcul du poids de la ponte n'ayant de sens que chez les individus dont la croissance ovocytaire est achevée, seules les femelles de RGS supérieur à 5 chez *S. melanotheron* et supérieur à 7 chez *T. guineensis* sont considérés pour cette étude.

On constate que dans chacune des combinaisons espèce/milieu (fig. 4 et 5), les coefficients de corrélation obtenus traduisent une meilleure relation entre poids de ponte et poids corporel qu'entre fécondité et poids de femelle. Les variations individuelles de fécondité sont en effet compensées dans le poids de ponte par des variations en sens inverse du poids des ovocytes ; les femelles présentant les fécondités les plus élevées produisent en général des oeufs de petite taille, ce qui rejoint les observations de Peters (1983).

On observe également des changements intéressants dans la stratégie de reproduction de *S. melanotheron* (fig. 4) et de *T. guineensis* (fig. 5) entre populations naturelles et populations d'élevage : pour des femelles de poids équivalents, les oeufs produits en milieu d'élevage sont plus petits et plus nombreux que dans les conditions naturelles. Les relations entre le poids de ponte et le poids de femelle sont par contre homogènes dans les deux milieux. Chez ces deux espèces de tilapias, la quantité de matière élaborée au cours d'un cycle de reproduction (mesurée par le poids de ponte) apparaît donc comme une constante spécifique probablement déterminée génétiquement, l'environnement intervenant sur la manière dont sera divisé le matériel gonadique et sur la stratégie de reproduction : oeufs petits et nombreux ou gros mais peu nombreux.

Les modifications observées dans la stratégie de reproduction pourraient ici être liées à des conditions d'élevage plutôt défavorables qui se traduisent par un coefficient de condition moyen des poissons plus faible en enclos (2,06 et 2,09) qu'en milieu naturel (2,24 et 2,34) pour *T. guineensis* et *S. melanotheron* respectivement. On sait notamment que l'aliment artificiel employé n'est utilisé que de façon médiocre par ces tilapias en élevage (cf. infra). Le confinement relatif des poissons en enclos, qui conduit nécessairement à un accroissement des contacts entre individus, constitue peut-être chez ces poissons territoriaux un facteur de stress dont il faudrait également tenir compte.

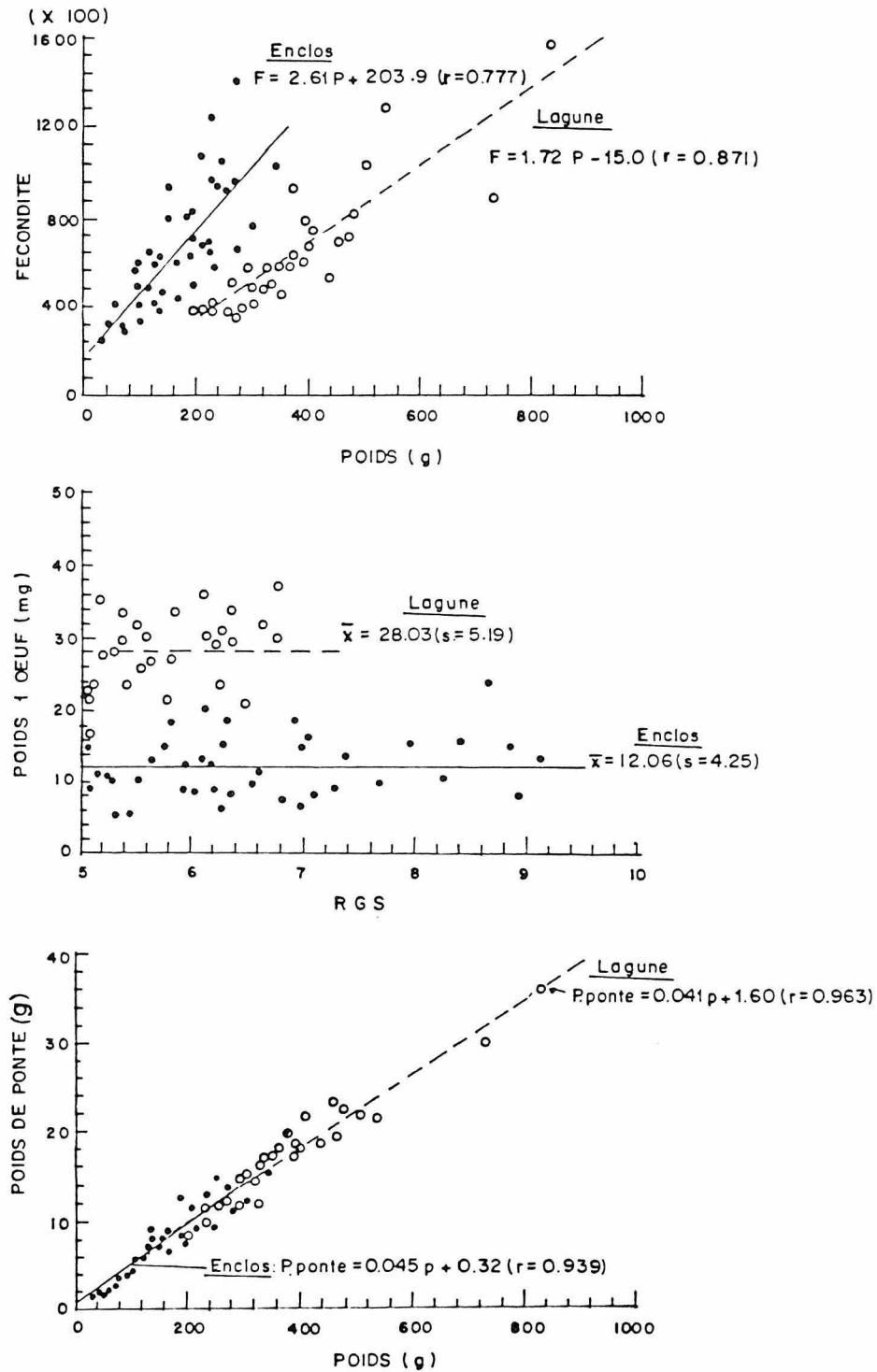
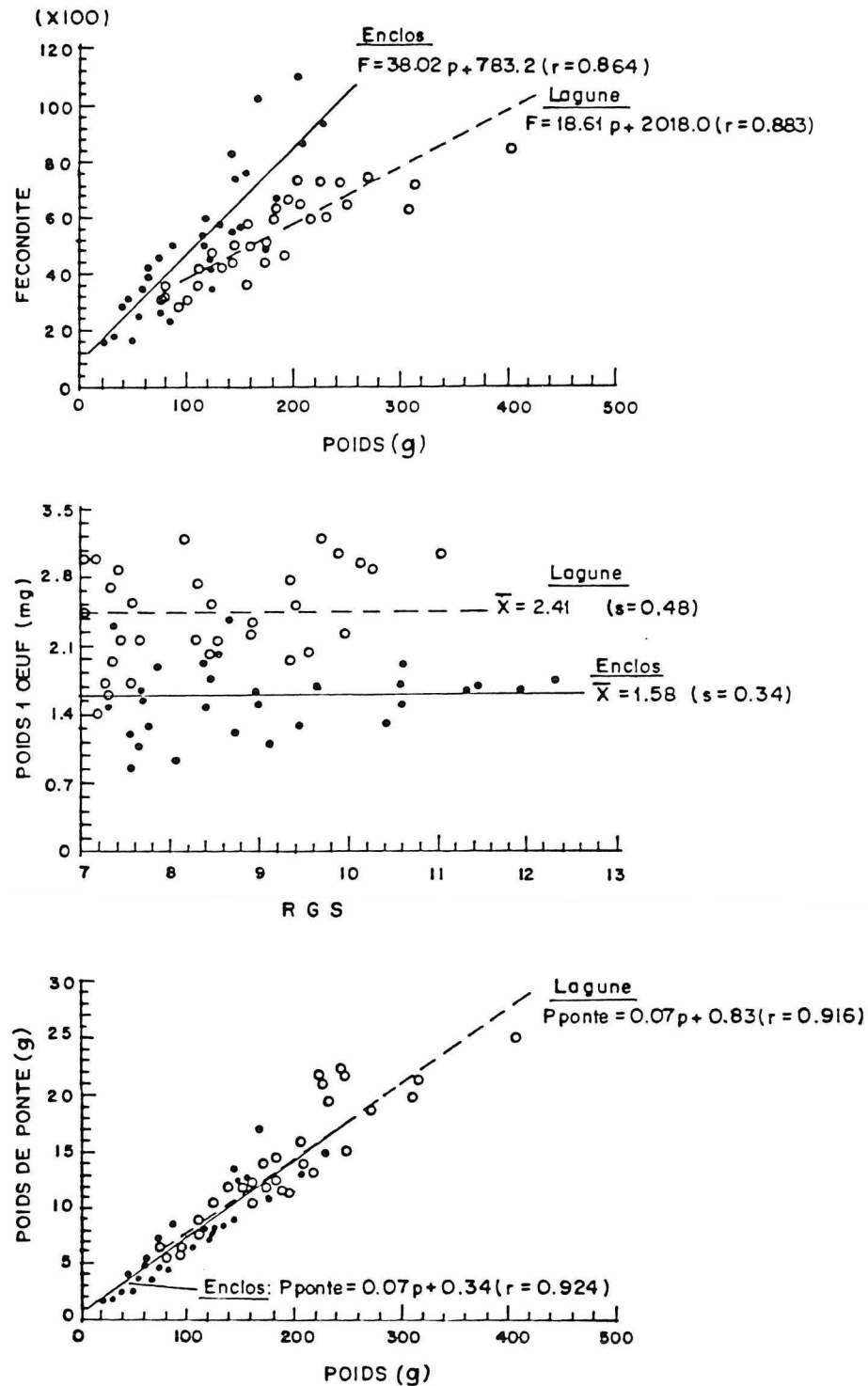


Figure 4 : Comparaison des relations fécondité/poids de femelle, poids des oeufs/RGS et poids de ponte/poids de femelle chez *S. melanotheron* en milieu naturel et en milieu d'élevage.



**Figure 5 :** Comparaison des relations fécondité/poids de femelle, poids des oeufs/RGS et poids de ponte/poids de femelle chez *T. guineensis* en milieu naturel et en milieu d'élevage.

### INCUBATION BUCCALE CHEZ *SAROTHERODON MELANOTHERON*

Chez *S. melanotheron*, la quantité d'alevins produite par ponte pour un couple donné est fonction de la taille de la femelle, mais elle dépend aussi de la taille du mâle (Aronson, 1949). On comprend en effet que le nombre d'oeufs pouvant être repris en bouche pour l'incubation est limité par le volume de la cavité buccale, celui-ci étant lui-même corrélé par une relation biométrique simple au poids des mâles.

La relation entre le nombre d'oeufs ou d'alevins incubés et le poids des mâles incubateurs a été étudiée à partir de 127 individus capturés en enclos à l'aide d'une épuisette. On constate qu'il existe bien une corrélation significative entre ces deux paramètres ( $r = 0,793$ ) ; les droites de régression calculées entre l'effectif incubé et le poids de mâle d'une part, et entre la fécondité et le poids de femelle d'autre part, étant presque parallèles mais légèrement décalées (fig. 6). Si la formation des couples se faisait préférentiellement entre un mâle et une femelle de taille voisine, il y aurait donc globalement une perte d'oeufs (de l'ordre d'une centaine) au moment de leur reprise en bouche par le mâle. L'efficacité de l'incubation buccale chez *S. melanotheron* devrait en revanche être optimale lorsqu'une femelle s'accouple avec un mâle de taille supérieure.

### FREQUENCE DE PONTE EN BASSIN

La fréquence de ponte, ou intervalle de temps séparant deux pontes successives, a été étudiée à partir de 3 couples de *S. melanotheron* et de 3 couples de *T. guineensis* placés chacun dans un bassin en béton de 4 m<sup>2</sup> pour 0,5 m de hauteur en eau (Legendre et Trebaol, en préparation). Chaque couple, constitué de géniteurs pesant entre 110 et 290 g et nourris avec un aliment granulé à 31 % de protéines, a été suivi sur une période variant entre 398 et 601 jours. Toutes les semaines, les bassins étaient vidangés et les pontes enregistrées (mâles incubateurs chez *S. melanotheron* et pontes collées sur les parois du bassin ou nuages d'alevins chez *T. guineensis*). La date réelle de ponte était estimée sur la base du degré de développement des oeufs ou des alevins collectés. Dans tous les cas les pontes observées étaient retirées des bassins ou de la bouche des mâles (chez *S. melanotheron*).

Dans ces conditions, l'intervalle de temps moyen, séparant deux pontes successives se situe aux alentours de 2 semaines chez *S. melanotheron* et aux alentours de 3 semaines chez *T. guineensis* (tableau 2). La fréquence de ponte apparaît en outre moins régulière chez ce dernier, des périodes de "repos" assez longues pouvant aller jusqu'à 126 jours ayant été constatées. L'évolution saisonnière du nombre moyen de pontes par mois (fig. 7) montre un net ralentissement de l'activité sexuelle des deux espèces au plus fort de la saison des pluies (juin - juillet), ce qui corrobore les observations présentées ci-dessus concernant le cycle saisonnier de reproduction.

### APPLICATION : PRODUCTION D'ALEVINS EN BASSIN

Sur la base des résultats précédents, on sait qu'il est possible de produire des alevins de *T. guineensis* et de *S. melanotheron* tout au long de l'année, avec toutefois un léger ralentissement de l'activité sexuelle en saison des pluies. Disposant d'une part des modèles prédictifs de fécondité en fonction de la taille des femelles et du nombre d'alevins incubés en fonction de la taille des mâles (chez *S. melanotheron*), et connaissant d'autre part la fréquence de ponte moyenne de ces espèces en bassins cimentés, il est possible de planifier la production d'alevins sur l'année au niveau d'une ferme d'élevage. A titre indicatif, on a pu montrer chez *S. melanotheron* qu'en bassins de 2 m<sup>3</sup>, la fréquence de ponte est du même ordre avec une famille de 10 individus (sex-ratio de 1) qu'avec un couple isolé. Dans ces conditions et avec 5 femelles de 200 g et 5 mâles de 300 g, la production annuelle théorique se situe aux alentours de 90.000 oeufs par bassin.

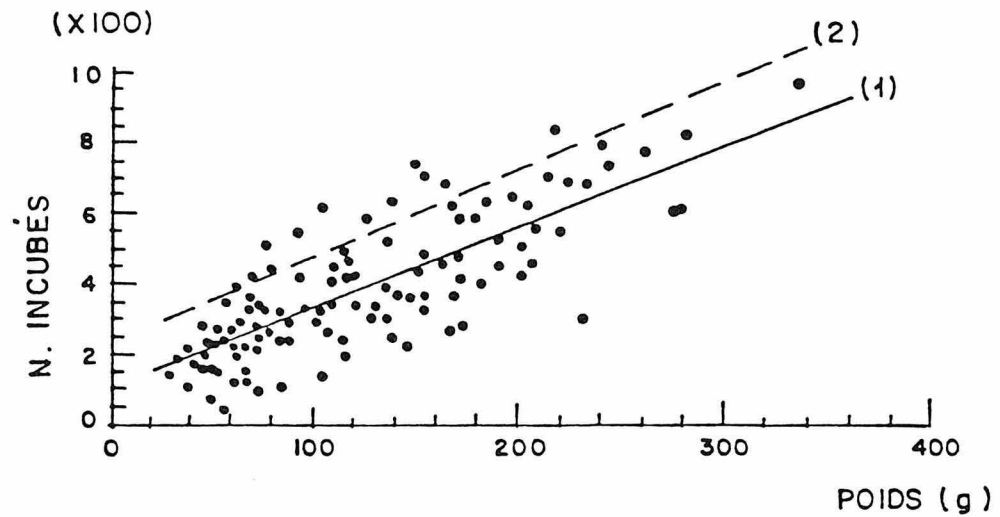


Figure 6 : Relation entre le nombre d'oeufs ou d'alevins incubés et le poids des mâles chez *S. melanotheon* élevé en enclos (1). ( $N = 2.29 p + 107.15$  ;  $r = 0.739$ ).

Rappel de la droite de régression obtenue dans la relation entre fécondité et poids de femelle chez *S. melanotheon* élevé en enclos (2). ( $F = 2.61 p + 203.91$  ;  $r = 0.777$ ).

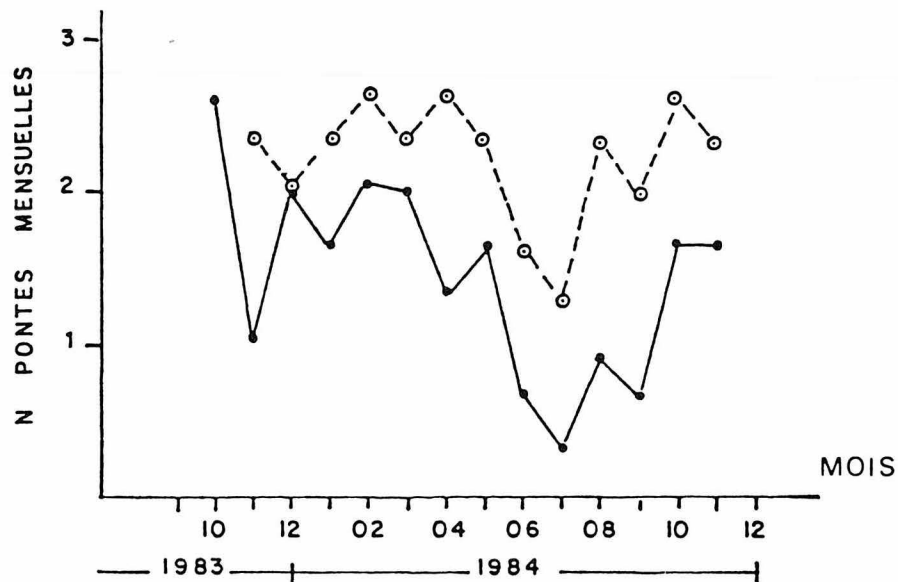


Figure 7 : Evolution saisonnière des fréquences de pontes chez *S. melanotheon* (---) et chez *T. guineensis* (—).

Tableau 2 : Récapitulatif des résultats obtenus sur la fréquence de ponte de *S. melanotheron* et de *T. guineensis* en bassins cimentés

	N° du couple	Période d'observation (en jours)	poids moyen des géniteurs (en grammes)		nb pontes constatées	intervalle moyen entre pontes (en jours)
			femelle	mâle		
<i>S. melanotheron</i>	1	587	172	194	42	14,0 (s=5,4)
	2	475	164	130	30	15,8 (s=9,4)
	3	398	152	269	33	12,1 (s=2,5)
<i>T. guineensis</i>	1	601	171	213	37	16,2 (s=8,1)
	2	433	132	154	17	25,5 (s=14,6)
	3	408	112	286	19	21,5 (s=25,9)

Ainsi, contrairement à ce que l'on observe pour la majorité des autres espèces exploitées en pisciculture, la reproduction des tilapias s'effectue spontanément et à un rythme soutenu dans les conditions de l'élevage. Il est donc relativement aisé d'obtenir une production massive et régulière en alevins, à condition toutefois qu'une bonne gestion des stocks de géniteurs soit réalisée. La principale difficulté réside en pratique dans la production simultanée d'un grand nombre d'alevins de taille calibrée.

## CROISSANCE ET METHODES D'ELEVAGE

Afin d'évaluer leur potentiel aquacole respectif, les performances de croissance des deux espèces de tilapias lagunaires ont été comparées dans différentes situations, sur l'ensemble du cycle d'élevage (Legendre, 1983 et 1986).

### PHASE D'ALEVINAGE

La phase d'alevinage est réalisée en bassins circulaires dans lesquels les alevins, recueillis à la fin de la résorption vitelline, sont placés à une densité de 1 600 individus par m<sup>2</sup>. Ils sont nourris à satiété avec un aliment sous forme de pâte, constitué d'un mélange de lait en poudre, de jaune d'oeufs et de vitamines (Hem, non publié).

En fin de résorption vitelline, les alevins de *T. guineensis* sont très petits et pèsent environ 2 mg, alors que ceux de *S. melanotheron* issus d'oeufs plus gros pèsent déjà près de 20 mg.

Du fait de cette différence initiale, mais aussi d'une croissance pondérale plus rapide (fig. 8), les alevins de *S. melanotheron* atteignent un poids de 0,5 g environ un mois avant ceux de *T. guineensis*.

### PHASE DE PREGROSSISSEMENT

La croissance en prégrossissement (de 0,5 à 40 g) est étudiée dans de petits étangs de 16 m<sup>2</sup> où les alevins issus des bassins circulaires sont placés à une densité de 6 individus par m<sup>2</sup>. Les poissons reçoivent un aliment à 31 % de protéines distribué matin et soir, sous forme de poudre, à raison de 5 % de la biomasse par jour.

Les courbes de croissance (fig. 9) montrent que jusqu'à environ 10 g, l'accroissement pondéral moyen reste plus faible chez *T. guineensis*. Toutefois cette différence s'atténue progressivement et entre 10 et 40 g les vitesses de croissance sont similaires chez les deux espèces.



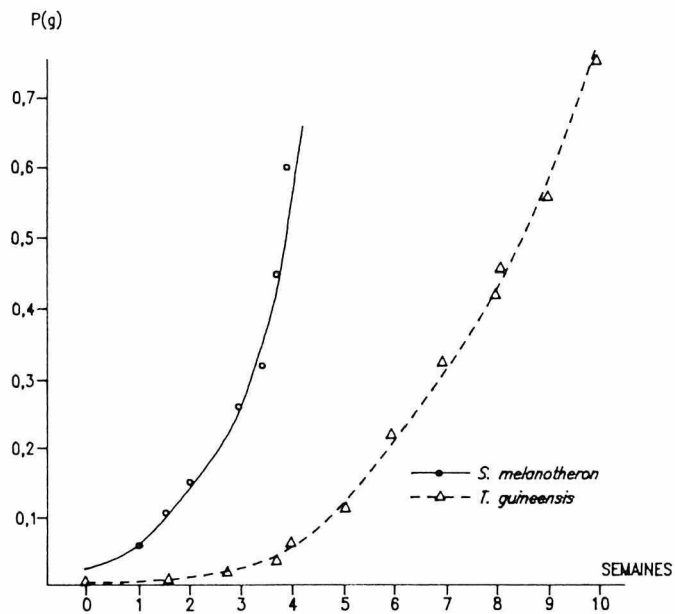


Figure 8 : Croissance pondérale des alevins de *S. melanotheron* et de *T. guineensis* en bacs circulaires.

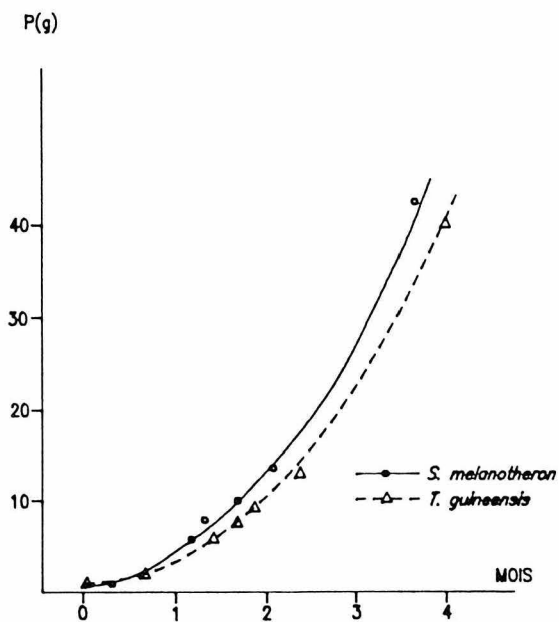


Figure 9 : Croissance pondérale des juvéniles de *S. melanotheron* et de *T. guineensis* en étangs de pré-grossissement.

## PHASE DE GROSSISSEMENT

### L'option intensive

#### - Choix de la structure d'élevage

-----

En enclos, l'élevage des tilapias lagunaires pose plusieurs problèmes liés à certains aspects de leur comportement :

- Les nids de grande taille édifiés par *T. guineensis* constituent un risque sérieux de perte du poisson. Il arrive en effet qu'en creusant des galeries ce poisson déterre localement le filet délimitant l'enclos créant ainsi une possibilité de fuite.
- Le taux de reproduction élevé de ces espèces en captivité conduit, chez *T. guineensis*, à une prolifération d'alevins et de jeunes individus qui rend difficile une gestion rationnelle de l'élevage. Une telle prolifération n'a cependant jamais été observée chez *S. melanotheron*.
- La médiocre capturabilité des deux espèces pose également un problème pratique important, encore accru chez *T. guineensis* car lors de la pêche, les poissons se réfugient en masse dans les galeries des nids établis au fond de l'enclos.

Ces différents problèmes ont pu être résolus par l'utilisation d'une nouvelle structure d'élevage, la "cage-enclos" qui, de même que les enclos (Hem, 1982) est adaptée à des sites peu profonds (1 à 1,5 m) fréquents en milieu lagunaire. Il s'agit d'une structure de conception simple, constituée par une poche en filet suspendue à des piquets et dont le fond est plaqué sur le sédiment à l'aide de fiches métalliques. Dans les élevages pratiqués classiquement en cage, un espace d'environ 50 cm est ménagé entre la cage et le sédiment de manière à éviter l'accumulation et l'oxydation des fèces et de la nourriture non ingérée susceptibles de provoquer un phénomène d'anoxie (Coche, 1978 et 1982). A l'issue des expérimentations, il n'a cependant pas été noté d'accumulation organique sensible sous les cages-enclos même pour les plus fortes densités d'empoissonnement (Guiral, 1983). Les essais réalisés ont par ailleurs démontré la remarquable maniabilité de cette structure qui rend particulièrement aisée toute manipulation de tri et de comptage.

#### - Type d'élevage, croissance et alimentation

-----

Pour les raisons évoquées ci-dessus, les tests de croissance en phase de grossissement, initialement pratiqués en enclos, ont par la suite toujours été effectués en cage-enclos. Dans cette dernière structure la densité d'empoissonnement varie entre 20 et 150 individus par m<sup>3</sup>. Les conditions d'alimentation sont similaires à celles décrites pour la phase de prégrossissement. L'aliment, distribué sous forme de granulés, a la composition suivante : farine de poisson (20 %), tourteau d'arachide (20 %), tourteau de soja (15 %), son de blé (25 %), farine de maïs (20 %), premix vitaminique (+ 2 %). La croissance est suivie entre 10 et 150 g de poids moyen, les poissons étant placés selon les cas, soit en élevage mixte (sex-ratio voisin de 1), soit en élevage monosexé (sexage manuel).

Les résultats de ces essais de grossissement sont les suivants :

a) Dans la gamme testée, la densité n'a pas d'incidence sur la croissance des deux espèces de tilapias lagunaires. Toutefois, pour une densité de 150 individus par  $m^3$  (biomasse finale de l'ordre de 15 à 20  $kg/m^3$ ), une mortalité plus élevée (supérieure à 20 %) est observée, traduisant un risque pathologique accru par rapport à celui encouru avec une densité inférieure.

b) Chez *T. guineensis* (fig. 10), les mâles présentent une croissance toujours supérieure à celle des femelles (0,41 g/j contre 0,27 à 0,30 g/j) indépendamment du type d'élevage pratiqué, que celui-ci soit mixte ou monosexé. Chez *S. melanotheron* en revanche (fig. 11), une importante augmentation de la croissance des mâles est observée lorsque l'on passe d'un élevage mixte (0,32 g/j) à un élevage monosexé (0,49 g/j), alors que la croissance des femelles reste stable (0,41 g/j). Ainsi, chez les deux espèces, les mâles présentent une croissance potentielle supérieure à celle des femelles. Le résultat inverse observé avec *S. melanotheron* en élevage mixte n'est qu'une conséquence de l'incubation buccale, au cours de laquelle le mâle ne se nourrit pas.

c) Bien qu'en élevage mixte les croissances moyennes des sexes les plus performants des deux espèces (le mâle chez *T. guineensis* et la femelle chez *S. melanotheron*) se soient toujours révélées très voisines à l'issue des différents essais réalisés (Cissé, 1986 ; Legendre 1983 et 1986), les meilleures performances de croissance sont en définitive obtenues avec le mâle de *S. melanotheron* lorsque celui-ci fait l'objet d'un élevage monosexé. La croissance de *S. melanotheron* est, de plus, nettement supérieure à celle de *T. guineensis* au cours des phases d'alevinage et de prégrossissement, ce qui contribue à raccourcir la durée totale du cycle d'élevage. Le choix de *S. melanotheron* est donc plus particulièrement recommandé pour l'aquaculture lagunaire, d'autant que cette espèce présente en Côte d'Ivoire une valeur marchande sensiblement plus élevée que celle de *T. guineensis* (Weigel, 1983). En conséquence, les recherches sur cette dernière espèce ont été abandonnées.

Il ressort de ces différents points qu'une culture monosexé mâle de *S. melanotheron* en cages-enclos et à forte densité devrait conduire aux meilleurs résultats de production. Cependant, le rendu économique des élevages est compromis par une médiocre utilisation de l'alimentation artificielle. Celle-ci est mise en évidence d'une part par des quotients nutritifs toujours élevés (de l'ordre de 4 à 6), et d'autre part par une dépendance apparente de la croissance vis à vis de l'alimentation naturelle disponible dans le milieu. Les croissances maximales (1,2 g/j chez *S. melanotheron* et 0,8 g/j chez *T. guineensis*) sont observées en période de bloom algal, alors que les croissances minimales correspondent aux périodes où les eaux sont les plus transparentes et vraisemblablement les plus pauvres.

Afin d'améliorer les conditions d'alimentation, l'influence de la fréquence de nourrissage a été testée dans le cadre d'élevages monosexes mâles de *S. melanotheron* (Cissé, en préparation). Les poissons, nourris avec un régime titrant 30 % de protéines totales et apportant 270 kcal par 100 g d'aliment (Cissé, 1989), étaient placés en cage-enclos à la densité de 15 individus/ $m^3$ . La ration alimentaire journalière, fixée initialement à 5 % de la biomasse des poissons, a été réduite progressivement jusqu'à 2 % à la fin de l'expérimentation.

Les résultats montrent que la répartition de la ration journalière en 4 repas donne la meilleure croissance (fig. 12), une alimentation de nuit ou l'augmentation de la fréquence de distribution jusqu'à 8 nourrissages par jour n'apportant pas d'améliorations supplémentaires. Dans ces conditions, les poissons ont pu être menés de 75 à 235 g en 8 mois environ. Toutefois des croissances rapides ne sont observées que durant les deux premiers mois du suivi et les Qn obtenus (4,67 dans le meilleur des cas) restent trop élevés pour être économiquement rentables.

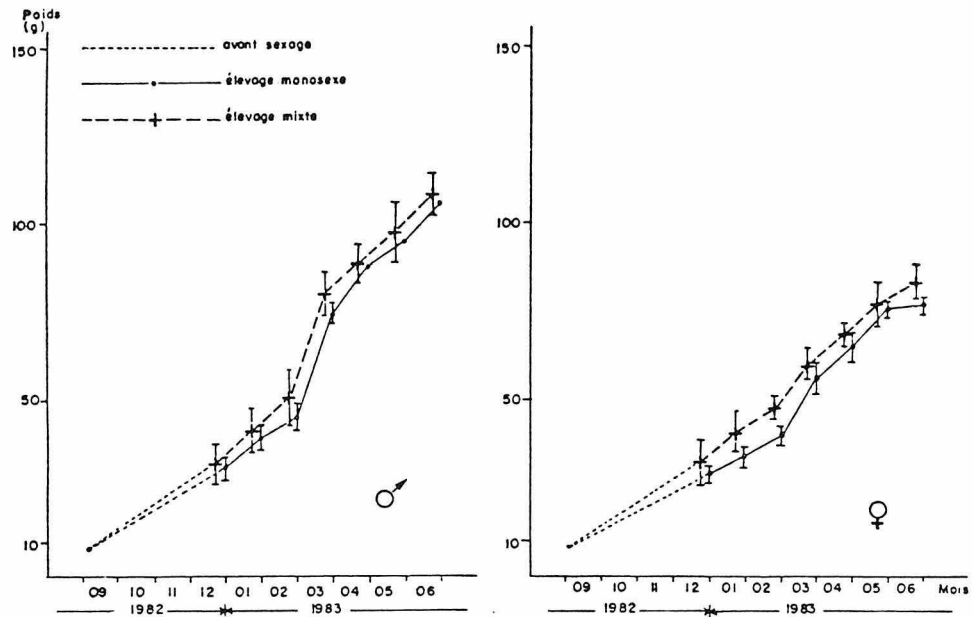


Figure 10 : Croissance pondérale des mâles et des femelles de *T. guineensis* en élevage mixte et en élevage monosexé. Les barres verticales représentent les écarts entre réplicats.

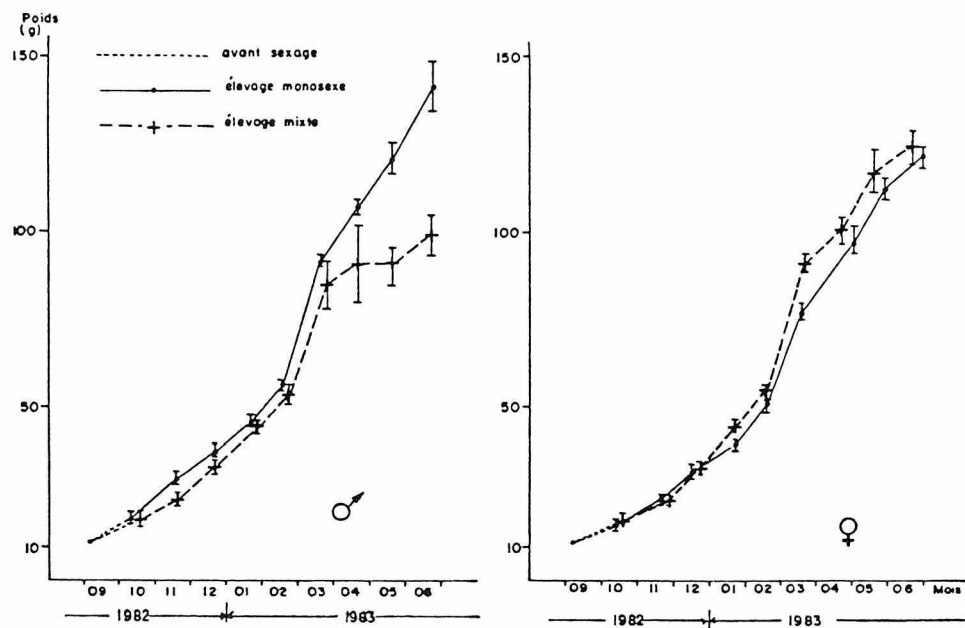


Figure 11 : Croissance pondérale des mâles et des femelles de *S. melanotheron* en élevage mixte et en élevage monosexé. Les barres verticales représentent les écarts entre réplicats.

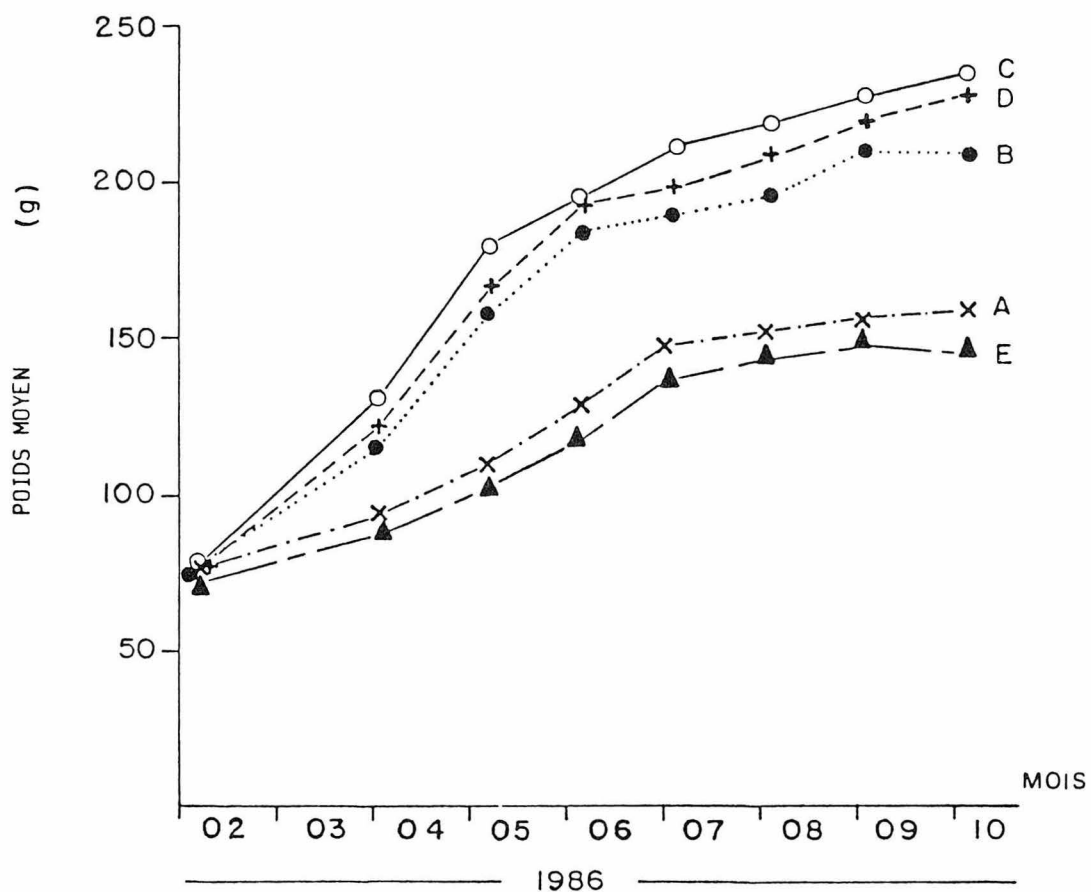


Figure 12 : Croissance des mâles de *S. melanotheron* en élevage monosex en fonction de la fréquence de nourrissage.

A : 1 repas par jour      D : 8 repas par jour  
B : 2 repas par jour      E : 8 repas par nuit  
C : 4 repas par jour

### L'option extensive : l'acadja-enclos

Le principe des acadjas-enclos consiste à favoriser dans le milieu d'élevage le développement de nourriture naturelle, réduisant d'autant la nécessité d'un apport en nourriture artificielle et diminuant de ce fait considérablement le coût de production du poisson.

L'installation d'amas de branchages en lagune sur des fonds de 1 m environ se pratique traditionnellement au Bénin sous le nom d'acadjas, où se concentrent et se multiplient les poissons du peuplement naturel. On estime que l'effet attractif des acadjas correspond à une augmentation importante des surfaces sur lesquelles se développent une micro-faune et des épiphytes, sources de nourriture pour les poissons. Mais il est difficile de dissocier cet effet de celui d'un simple rôle d'abri de l'acadja. L'explication du phénomène n'est donc pas encore parfaite et dépend sans doute de la biologie des espèces colonisatrices. Toutefois les chiffres de Welcomme (1972) indiquent une productivité des acadjas de 8 à 20 tonnes par hectare et par an en poissons. Il y a donc bien une augmentation importante de la productivité (au sens exploitation par l'homme) de la lagune.

L'idée première du programme engagé par le CRO était d'entourer les acadjas de filets fixés sur des piquets réalisant ainsi un enclos retenant les poissons de plus de 5 à 8 cm. On espérait ainsi, au début, simplement étudier le phénomène d'acadjas, puis naturellement, l'idée d'en faire une technique d'aquaculture extensive en a découlé (Hem, 1988).

Les recherches ont débuté en 1984 en testant les formes d'acadjas (fagots, végétation flottante) et l'espèce *S. melanotheron* pour ensemencement.

Dans un premier essai, 100 m<sup>2</sup> de branchages ont été installés dans un enclos de 25 x 25 m, aucun empoissonnement n'a été fait et les poissons présents étaient ceux retenus par le maillage après croissance. Après 12 mois, une production de 81 kg de poissons a été récoltée dont 64 kg composés de *S. melanotheron* de 200 g de poids moyen, donc de qualité marchande. Il a ainsi été obtenu 0,81 kg/m<sup>2</sup> d'acadjas.

Dans une seconde expérience, les empoissonnements ont cette fois été réalisés avec des juvéniles d'élevage, deux enclos de 200 m<sup>2</sup> d'acadjas recevant chacun 1000 *S. melanotheron* de 40 g. Une année après leur mise en place, ces enclos ont fourni respectivement 108 kg et 196 kg de poissons dont 50 et 80 % de tilapias marchands. Le faible chiffre d'un des enclos s'explique vraisemblablement par la prédation exercée par plusieurs *Heterobranchus* (4 à 7 kg de poids individuel) qui s'étaient introduits dans l'enclos.

La technique des acadjas-enclos permet donc d'atteindre des productions de 0,8 à 1 kg/m<sup>2</sup> de poissons dont une forte majorité de tilapias marchands en un an, sans apport de granulés artificiels. Ces productions sont comparables à celle des acadjas traditionnels. On sait que dans ces derniers, *S. melanotheron* représente la principale espèce répertoriée dans les captures (Welcomme, 1972). Son régime alimentaire naturel, bien qu'essentiellement détritivore dans certains milieux (Fagade, 1971 ; Pauly, 1976), serait dans les lagunes de Sierra Leone presque exclusivement composé d'algues se développant sur les racines des arbres de mangroves, rochers ou autres surfaces dures (Payne, 1983). Ce trait biologique constitue donc manifestement l'une des composantes majeures expliquant la prédominance de *S. melanotheron* dans les acadjas "ouverts", ainsi que son succès dans les acadjas-enclos où l'examen des branchages révèle les traces d'un intense broutage superficiel.

Le principal investissement des acadjas-enclos est l'implantation de filets ensouillés dans le fond. La durée de vie de ces filets est estimée à cinq ans, mais un entretien soigneux est nécessaire pour éviter l'entrée de prédateurs. Progressivement décomposés, les branchages doivent être renouvelés chaque année ; leur utilisation pourrait constituer un facteur limitant à plus ou moins longue échéance. Le remplacement des fagots classiques par des bambous piqués verticalement dans le sédiment, représenterait donc une alternative séduisante compte tenu de leur obtention aisée et de leur durée de vie supérieure. Le bien fondé de la mise en place de cette variante d'acadjas est actuellement à l'étude.

## **DISCUSSION ET PERSPECTIVES**

Le cycle d'étude réalisé sur les tilapias lagunaires de Côte d'Ivoire a permis de préciser leur potentiel aquacole et d'acquérir différents résultats concernant la biologie de leur reproduction. Diverses questions se posent à présent, qui entrent en majorité dans une réflexion ne se limitant pas à ces espèces.

En lagune Ebrié, *S. melanotheron* et *T. guineensis* se reproduisent sans interruption tout au long de l'année que ce soit en milieu naturel ou en élevage. Des variations saisonnières de l'intensité de l'activité sexuelle sont toutefois observées. Chez les deux espèces, la proportion d'individus en maturation, la fécondité relative et la fréquence des pontes sont plus élevées en saison sèche qu'en saison des pluies. Des différences importantes sont mises en évidence dans la stratégie de reproduction en fonction du milieu étudié. En élevage, ces espèces effectuent leur première maturation sexuelle à une taille inférieure et produisent des ovocytes plus nombreux et plus petits que dans le milieu naturel. Il est intéressant de noter qu'en acadjas-enclos, où les coefficients de condition de *S. melanotheron* sont aussi élevés qu'en lagune (Hem, com. pers.), la taille de première maturation sexuelle se situe aux alentours de 18 cm. Elle est donc voisine de celle observée en conditions naturelles, ce qui tend à renforcer l'hypothèse selon laquelle les modifications observées dans la stratégie de reproduction ne seraient pas liées à la captivité en elle même, ni au site particulier de Layo, mais bien à la qualité de l'alimentation ou aux interactions sociales entre individus (comportement territorial facilité en acadjas-enclos par rapport à l'enclos non aménagé).

Une réduction de la taille et de l'âge de première maturation a fréquemment été observée chez les tilapias d'élevage (Pullin, 1982) et constitue l'un des principaux problèmes (prolifération d'alevins, ralentissement de la croissance) posé par ces espèces en aquaculture. Malgré la perspective d'une application pratique intéressante, l'influence des facteurs de l'environnement sur l'apparition de la première maturité n'a été que peu abordée et des données précises fondées sur l'expérimentation en milieu contrôlé font encore largement défaut chez les tilapias. Il en est de même du rôle des facteurs externes sur la fécondité et la fréquence de ponte, dont la maîtrise pourrait pourtant s'avérer bénéfique pour la gestion des stocks de géniteurs.

Sur le plan aquacole, les deux espèces de tilapias lagunaires se sont montrées décevantes en élevage intensif. Même dans la situation la plus favorable, l'élevage monosexue mâle de *S. melanotheron*, les taux de croissance et les quotients nutritifs obtenus ne permettent pas dans l'état actuel de conduire en fin de cycle à une marge bénéficiaire suffisante pour assurer la rentabilité économique d'une ferme piscicole, ce que confirment les essais en vraie grandeur réalisés en cages flottantes dans le cadre du Projet de Développement de l'Aquaculture Lagunaire (Doudet et Legendre, 1986). Des croissances intéressantes (supérieures à 1 g/j) n'ont jusqu'à présent pas pu être maintenues sur des périodes de plus



de 1 à 2 mois, périodes correspondant généralement à une richesse plus grande en nourriture naturelle dans le milieu. Les taux de croissance obtenus (de l'ordre de 0,5 g/j) restent donc en moyenne assez médiocres, notamment en comparaison de ceux observés avec les autres espèces de tilapias déjà utilisées en pisciculture.

Le mauvais rendement de l'aliment artificiel constaté chez les tilapias lagunaires peut être attribué à différents facteurs : formulation inadéquate, médiocre qualité des matières premières, modalités de présentation et de distribution inappropriées. Mais, il est à remarquer que dans un essai réalisé simultanément avec *O. niloticus* dans des conditions d'élevage et de nutrition strictement analogues, un quotient nutritif de 1,26 a été obtenu sur une période de 4 mois (entre 17 et 155 g de poids moyen). Les conditions d'alimentation, apparemment défavorables aux tilapias lagunaires, semblent donc dans ce cas tout à fait satisfaisantes ; ce qui suggère l'existence d'un comportement alimentaire plus efficace en élevage chez *O. niloticus*, ou encore des différences dans les besoins nutritionnels de ces espèces. Cette question demanderait à être approfondie, notamment par une étude comparée des coefficients de digestibilité des matières premières locales entrant dans la composition des aliments.

Le fait qu'une nette amélioration de la croissance ait été observée en période de bloom algal montre que même dans le cadre d'un élevage intensif en cage, la nourriture naturelle peut contribuer de façon notable aux résultats de production. Bien que soulignés par les observations de différents auteurs (voir Coche, 1982, pour revue), l'importance et le rôle de l'alimentation naturelle apparaissent encore trop souvent négligés dans les élevages intensifs pratiqués en milieux ouverts. Il est donc recommandé qu'un suivi de l'abondance du plancton dans le milieu (mesure de la chlorophylle, notamment) soit effectué de façon plus systématique en parallèle à celui des poissons. Dans bien des cas, les variations dans l'abondance de nourriture naturelle pourraient expliquer les fluctuations périodiques parfois observées dans la croissance, ou les différences de production obtenues avec la même espèce sur différents sites d'élevage.

A l'heure actuelle, le bilan global de la culture intensive des tilapias dans les lagunes ivoiriennes reste assez négatif puisque l'on dispose d'une part d'espèces naturellement adaptées au milieu mais aux performances médiocres et d'autre part d'une espèce allochtone (*O. niloticus*) dont la croissance est rapide mais qui présente une mauvaise adaptation dans les milieux saumâtres ivoiriens, y compris dans les zones oligohalines. Les causes exactes des mortalités observées avec *O. niloticus* dans les élevages en cages réalisés en lagune Ebrié demandent encore à être élucidées. Les tilapias restent les poissons les plus demandés par les consommateurs, des essais avec de nouvelles espèces autochtones sont actuellement menés par le Projet de Développement de l'Aquaculture Lagunaire en collaboration avec le CTFT. Récemment, des résultats encourageants ont été obtenus avec *Oreochromis aureus* dont la croissance et la survie en lagune semblent satisfaisantes (Doudet, 1988). Cette nouvelle espèce constituera peut-être une solution au problème de l'élevage intensif des tilapias dans les lagunes ivoiriennes.

Une autre option qui paraît très prometteuse est celle de l'élevage extensif des tilapias en acadjas-enclos. Sur la base des premiers résultats obtenus avec *S. melanotheron*, des bilans prévisionnels font apparaître la possibilité d'exploitations rentables pour les villageois riverains des lagunes. Cette filière demande maintenant à être expérimentée à plus grande échelle et dans diverses situations. Les études doivent notamment être poursuivies pour une meilleure compréhension du fonctionnement de cet écosystème particulier et pour l'optimisation des modalités de son exploitation en aquaculture (type de supports, densité d'empeuplement, fréquence de pêche...).

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALBARET J.J. et M. LEGENDRE, 1983. Les espèces colonisatrices des étangs d'une station de pisciculture lagunaire en Côte d'Ivoire. Description et incidence sur l'élevage.  
*Doc. Sc. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan*, 14(1), 57-67.
- ARONSON L.R., 1949. An analysis of reproductive behaviour in the mouth-brooding cichlid fish *Tilapia macrocephala* (Bleeker).  
*Zoologica*, 34, 133-158.
- CISSE A., 1986. Résultats préliminaires de l'alimentation artificielle de *Tilapia guineensis* (Bleeker) et de *Sarotherodon melanotheron* (Ruppel) en élevage.  
*In : Aquaculture research in the African region, FIS Seminar PUDOC, Wageningen*, 103-111.
- CISSE A., 1989. Etude du rapport protéine-énergie dans l'alimentation de *Sarotherodon melanotheron* (Ruppel, 1852). Influence sur la consommation alimentaire, la croissance et la composition de carcasse.  
*Doc. Sc. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan*, (soumis).
- COCHE A.G., 1978. Revue des pratiques d'élevage de poissons en cages dans les eaux continentales.  
*Aquaculture*, 13, 157-189.
- COCHE A.G., 1982. Cage culture of tilapias.  
*In : The biology and culture of tilapias, R.S.V. Pullin and R.H. Lowe McConnell Eds., ICLARM Conf. Proc.*, 7, 205-246.
- DAGET J. et A. ILTIS, 1965. Poissons de Côte d'Ivoire (eaux douces et eaux saumâtres).  
*Mémoires IFAN*, N° 74, 385 p.
- DOUDET T., 1988. Comparaison de la tolérance au milieu lagunaire saumâtre de différentes espèces et hybrides d'*Oreochromis* pour leur utilisation en aquaculture (lagune Ebrié, Côte d'Ivoire).  
*In : Proc. Atelier International sur la Recherche Aquacole en Afrique, Bouaké, Côte d'Ivoire*, 14-17 Nov. 1988, CRDI (sous presse).
- DOUDET T. et M. LEGENDRE, 1986. L'aquaculture.  
*In : Aménagement de la pêche et de l'aquaculture en Côte d'Ivoire. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan*, 109-125.
- DURAND J.R. et M. SKUBICH, 1982. Les lagunes ivoiriennes.  
*Aquaculture*, 27, 211-250.
- EYESON K.N., 1983. Stunting and reproduction in pond-reared *Sarotherodon melanotheron*.  
*Aquaculture*, 31, 257-267.
- FAGADE S.O., 1971. The food and feeding habits of *Tilapia* species in the Lagos lagoon.  
*J. Fish Biol.*, 3, 151-156.
- GUIRAL D., 1983. Physicochimie et biogéochimie des eaux et des sédiments à la station d'aquaculture de Layo (lagune Ebrié, Côte d'Ivoire).  
*Doc. Sc. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan*, 14(1), 1-29.

HEM S., 1982. L'aquaculture en enclos : adaptation au milieu lagunaire ivoirien.  
*Aquaculture*, 27, 262-272.

HEM S., 1988. First results on "acadja-enclos" used as an extensive culture system.  
*In : Proc. Atelier International sur la Recherche Aquacole en Afrique, Bouaké, Côte d'Ivoire*, 14-17 Nov. 1988, CRDI (sous presse).

LEGENDRE M., 1983. Observations préliminaires sur la croissance et le comportement en élevage de *Sarotherodon melanotheron* (Ruppel, 1852) et de *Tilapia guineensis* (Bleeker, 1862) en lagune Ebrié (Côte d'Ivoire).  
*Doc. Sc. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan*, 14(2), 1-36.

LEGENDRE M., 1986. Influence de la densité, de l'élevage monosexé et de l'alimentation sur la croissance de *Tilapia guineensis* et de *Sarotherodon melanotheron* élevés en cage-enclos en lagune Ebrié (Côte d'Ivoire).  
*Rev. Hydrobio. Trop.*, 19, 19-29.

MAGNET C. et Y.S. KOUASSI, 1978. Essai d'élevage de poissons en cage flottante dans les lagunes Ebrié et Aghien.  
*Doc. ronéo., CTFT, Nogent-sur-Marne*, 49 p.

MAGNET C. et Y.S. KOUASSI, 1979. Essai d'élevage de poissons dans les lagunes Ebrié et Aghien. Reproduction en bacs cimentés, élevage en cages flottantes.  
*Doc. ronéo., CTFT, Nogent-sur-Marne*, 70 p.

PAULY D., 1976. The biology, fishery and potential for aquaculture of *Tilapia melanotheron* in a small West African lagoon.  
*Aquaculture*, 7, 33-49.

PAYNE A.I., 1983. Estuarine and salt tolerant tilapias.  
*In : Proceedings of the International Symposium on Tilapia in Aquaculture, L. Fishelson and Z. Yaron Comps., Tel-Aviv University, Tel-Aviv*, 534-540.

PETERS H.M., 1983. Fecundity, egg weight and oocyte development in tilapias (Cichlidae, Teleostei).  
*ICLARM Translations* 2, 28 p.

PULLIN R.S.V., 1982. General discussion on the biology and culture of tilapias.  
*In : The biology and culture of tilapias, R.S.V. Pullin and R.H. Lowe-McConnell Eds., ICLARM Conf. Proc.*, 7, 331-351.

TREWAVAS E., 1982. Tilapia : Taxonomy and speciation.  
*In : The biology and culture of tilapias., R.S.V. Pullin and R.H. Lowe-McConnell Eds., ICLARM Conf. Proc.*, 7, 3-13.

WEIGEL J.Y., 1983. La commercialisation du poisson en pays lagunaire.  
*Rapport interne, Centre de Petit Bassam, Abidjan*, 67p.

WELCOMME R.L., 1972. An evaluation of the acadjas method of fishing as practiced in the coastal lagoons of Dahomey (West Africa).  
*J. Fish. Biol.*, 4, 39-55.

**LISTE DES PARTICIPANTS  
A LA JOURNEE "TILAPIA"  
DU 28 SEPTEMBRE 1987**

---

BAROILLER Jean-François

Division Pêche et Pisciculture  
CTFT/CIRAD (Centre Technique Forestier Tropical - Département du CIRAD)  
45bis, avenue de la Belle Gabrielle, 94736 NOGENT-SUR-MARNE Cedex  
Tél. : (1) 43.94.43.00.

Centre Piscicole de l'IDESSA  
01 BP 621 - BOUAKE (République de Côte d'Ivoire)

BERREBI Patrick

Laboratoire de Génétique  
Université de Montpellier II  
USTL (Université des Sciences et Techniques du Languedoc)  
Place Eugène Bataillon, 34060 MONTPELLIER Cedex  
Tél. : 67.14.30.30.

BILLARD Roland

Laboratoire d'Ichtyologie Générale et Appliquée  
MNHN (Muséum National d'Histoire Naturelle)  
43, rue Cuvier - 75231 PARIS Cedex 05  
Tél. : (1) 43.31.40.10.

BORNANCIN Michel

Laboratoire de Physiologie Cellulaire et Comparée  
Université de Nice - Faculté des Sciences et Techniques  
Parc Valrose - 06034 NICE Cedex  
Tél. : 93.52.99.36.

CHEVASSUS Bernard

Département d'Hydrobiologie  
INRA (Institut National de la Recherche Agronomique)  
Domaine de Vilvert, 78350 JOUY-EN-JOSAS  
Tél. : (1) 34.65.21.21.

CHOURROUT Daniel

Laboratoire de Génétique des Poissons  
INRA (Institut National de la Recherche Agronomique)  
Domaine de Vilvert, 78350 JOUY-EN-JOSAS  
Tél. : (1) 34.65.21.21.

COQUELET Jean-Pierre

Projet Aquaculture Lagunaire  
Direction des Pêches  
BP V19, ABIDJAN 01 (République de Côte d'Ivoire)

DOUDET Thierry

Division Pêche et Pisciculture  
CTFT/CIRAD (Centre Technique Forestier Tropical - Département du CIRAD)  
45bis, avenue de la Belle Gabrielle, 94736 NOGENT-SUR-MARNE Cedex  
Tél. : (1) 43.94.43.00.

Projet Aquaculture Lagunaire  
Direction des Pêches  
BP V 19, ABIDJAN 01 (République de Côte d'Ivoire)

DURAND Jean-René

ORSTOM (Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération)  
213, rue Lafayette, 75480 PARIS Cedex 10  
Tél. : (1) 48.03.77.77

FEBVRE Alain

IFREMER (Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer)  
66, avenue d'Iéna, 75116 PARIS  
Tél. : (1) 47.23.55.28

## Liste des participants

- 3 -

FOSTIER Alexis

Laboratoire de Physiologie des Poissons  
INRA (Institut National de Recherche Agronomique)  
Campus de Beaulieu, 35042 RENNES Cedex  
Tél. : 99.28.50.00

HEM Saurin

ORSTOM (Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération)  
213, rue Lafayette, 75480 PARIS Cedex 10  
Tél. : (1) 48.03.77.77.

CRO (Centre de Recherche Océanographique)  
BP V 18, ABIDJAN 01 (République de Côte d'Ivoire)

GUYOMARD René

Laboratoire de Génétique des Poissons  
INRA (Institut National de la Recherche Agronomique)  
Domaine de Vilvert, 78350 JOUY-EN-JOSAS  
Tél. : (1) 34.65.21.21.

JALABERT Bernard

Laboratoire de Physiologie des Poissons  
INRA (Institut National de Recherche Agronomique)  
Campus de Beaulieu, 35042 RENNES Cedex  
Tél. : 99.28.50.00

LAZARD Jérôme

Division Pêche et Pisciculture  
CTFT/CIRAD (Centre Technique Forestier Tropical - Département du CIRAD)  
45bis, avenue de la Belle Gabrielle, 94736 NOGENT-SUR-MARNE Cedex  
Tél. : (1) 43.94.43.00.

LE BAIL Pierre Yves

Laboratoire de Physiologie des Poissons  
INRA (Institut National de Recherche Agronomique)  
Campus de Beaulieu, 35042 RENNES Cedex  
Tél. : 99.28.50.00

LEGENDRE Marc

ORSTOM (Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération)  
213, rue Lafayette, 75480 PARIS Cedex 10  
Tél. : (1) 48.03.77.77.

CRO (Centre de Recherche Océanographique)  
BP V 18, ABIDJAN 01 (République de Côte d'Ivoire)

LEMOALLE Jacques

ORSTOM (Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération)  
BP 5045, 34032 MONTPELLIER Cedex  
Tél. : 67.61.74.00.

LUQUET Pierre

Laboratoire de Nutrition des Poissons  
INRA (Institut National de la Recherche Agronomique)  
BP 3, 64310 SAINT-PEE-SUR-NIVELLE  
Tél. : 59.54.10.54.

MAGNET Christophe

Consultant en pisciculture tropicale  
1, rue de Feucherolles, 78630 ORGEVAL

MICHEL Alain

IFREMER (Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer)  
66, avenue d'Iéna, 75116 PARIS  
Tél. : (1) 47.23.55.28

COP (Centre Océanologique du Pacifique)  
BP 7004, TARAVAO, Tahiti, Polynésie Française

MICHEL Christian

Laboratoire d'Ichtyopathologie  
Station de Virologie et Immunologie  
INRA (Institut National de la Recherche Agronomique)  
Route de Thiverval-Grignon  
78850 THIVERVAL-GRIGNON  
Tél. : (1) 30.54.45.45.



Liste des participants

- 5 -

MORAND Marc

Laboratoire Vétérinaire Départemental  
Boulevard Théodore Vernier, 39016 LONS-LE-SAUNIER Cedex  
Tél. : 84.24.24.41

MOREAU Jacques

Laboratoire d'Ichtyologie Appliquée  
ENSA (Ecole Nationale Supérieure Agronomique)  
145, avenue de Muret, 31076 TOULOUSE Cedex  
Tél. : 61.42.83.98.

PARREL Philippe

Division Pêche et Pisciculture  
CTFT/CIRAD (Centre Technique Forestier Tropical - Département du CIRAD)  
45bis, avenue de la Belle Gabrielle, 94736 NOGENT-SUR-MARNE Cedex  
Tél : (1) 43.94.43.00.

Mission CTFT  
BP 10544, NIAMEY (République du Niger)

PLANQUETTE Paul

Laboratoire d'Hydrobiologie  
INRA (Institut National de la Recherche Agronomique)  
BP 709, 97387 KOUROU Cedex

PRUNET Patrick

Laboratoire de Physiologie des Poissons  
INRA (Institut National de la Recherche Agronomique)  
Campus de Beaulieu, 35042 RENNES Cedex  
Tél. : 99.28.50.00

ROUGER Yves

Laboratoire de Physiologie des Poissons  
INRA (Institut National de la Recherche Agronomique)  
Campus de Beaulieu, 35042 RENNES Cedex  
Tél. : 99.28.50.00

SOLETCHNIK Patrick

IFREMER (Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer)  
66, avenue d'Iéna, 75116 PARIS  
Tél. : (1) 47.23.55.28

Station IFREMER - Le Robert  
Pointe Fort, 97231 LE ROBERT, Martinique

ZAGRA Marcel

Projet Aquaculture Lagunaire  
Direction des Pêches  
BP V 19, ABIDJAN 01 (République de Côte d'Ivoire)



